



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Evaluación con base a las características fisicoquímicas  
y microbiológicas si el fruto de *Hylocereus undatus*  
(pitahaya) puede conservarse como alimentos  
procesados

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIOLOGA

PRESENTA:

VERONICA DUARTE SANCHEZ

DIRECTOR DE TESIS:

M. en C. María Graciela Molina González



Los Reyes Iztacala, Abril, 2012



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, *mi alma pater*.

A la Universidad Autónoma de México, *mi alma mater*.

A la M. en M. María Graciela Molina González, por impulsarme para culminar esta importante etapa de mi vida profesional, por su inagotable paciencia, calidad humana y su amistad.

A la M. en C. Emelia Campoy Otero por sus sugerencias para mejorar este trabajo.

A la M. en C. Antonia Trujillo Hernández, por sus valiosas sugerencias y aportaciones en la revisión del texto y su amable disponibilidad.

Al M. en C. Ismael Aguilar Ayala, por sus sugerencias en el presente trabajo.

Dr. Diodoro Granados Sánchez por su amable disponibilidad para la revisión de este trabajo.

## **DEDICATORIAS**

A mi mamá por tu amor, paciencia y apoyo incondicional, por ser el motivo y fuerza para cumplir todas mis metas. Por el regalo más grande de esta vida.

A mi hermana Marisol, a mi aby Margarita y Ron por su apoyo incondicional, por todo el cariño que me dan siempre, por su solidaridad en los momentos más difíciles de mi vida.

A todos mis familiares que no menciono pero los llevo en mi pensamiento

A Misael, por tu cariño, por estar siempre conmigo impulsarme en todo momento a realizar mis metas, por tus consejos y toda tu ayuda.

A todos mis amigos de la facultad, Alejandro, Rubén, Betsa, Vero, Angélica, Elvia, Lucero, por todos los momentos que compartimos y seguiremos compartiendo.

## CONTENIDO

RESUMEN.	1
1. INTRODUCCIÓN.	2
2. ANTECEDENTES.	6
2.1.1. Origen y Distribución.	6
2.1.2. Especies de Importancia Comercial.	7
2.1.2.1. Plantaciones Especializadas a Nivel Internacional.	8
2.1.2.2. Plantaciones Especializadas a Nivel Nacional.	9
2.1.3. Producción de Pitahaya en Zapotitlán de las Salinas.	11
2.1.4. Clasificación Taxonómica.	12
2.1.5. Características Morfológicas.	12
2.1.6. Características de Cultivo.	13
2.1.7. Cosecha y Rendimientos.	14
2.1.8. Comercialización de la Pitahaya.	16
2.1.8.1. Aspectos Generales.	16
2.1.8.2. Comercialización Regional de la Pitahaya.	16
2.1.8.3. Comercialización Nacional de la Pitahaya.	17
2.1.8.4. Comercialización Internacional de la Pitahaya.	18
2.1.9. Necesidades de envase y embalaje para la pitahaya.	20
2.1.10. Inocuidad de los alimentos.	23
2.1.10.1. Químicos.	24
2.1.10.2. Físicos.	24
2.1.10.3. Biológicos.	25
2.1.10.4. Buenas Prácticas Agrícolas.	26
2.1.10.5. Buenas Prácticas de Manufactura.	26
2.1.10.6. Procedimiento Operativo Estándar (POE).	26
2.1.10.7. Procedimientos Operativos de Sanitización (POES).	27
2.1.10.8. Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP).	27
2.1.11 Normatividad.	27
2.1.11.1. Marco legal Internacional.	27
2.1.11.2. Marco legal mexicano	29
2.1.12. Países Productores y Consumidores.	30
2.1.13. Usos de la Pitahaya.	31

2.1.13.1. Producto Alimenticio	31
2.1.13.2. Producto Medicinal.	31
2.1.13.3. Productos Industrializados.	31
2.1.14. Composición Química de la Pitahaya.	31
2.1.14.1. Conservación del Fruto Fresca.	32
2.1.14.2. Conservación del Fruto Mínimamente Procesada.	33
2.1.14.3. Conservación de Frutos Procesados.	35
2.1.14.4. Conservas a base del fruto de pitahaya.	36
2.1.14.5. Elaboración de conservas de diversos frutos.	37
2.2. Tecnología de las Conservas.	38
2.2.1. Definición de Conserva.	38
2.2.2. Clasificación de las Conservas.	39
2.2.2.1. Mermelada.	41
2.2.2.2. Ate.	42
2.2.2.3. Deshidratado.	42
2.2.3. Procesos Tecnológicos para la Elaboración de Conservas.	42
2.2.4. Normas para Frutos Procesados.	44
2.3. Área de Recolección.	44
3. OBJETIVOS.	46
3.1. Objetivo General.	46
3.2. Objetivos Particulares.	46
4. MATERIALES Y MÉTODOS.	47
4.1. Lugar de desarrollo.	47
4.2. Materias primas.	47
4.3. Trabajo de Campo.	47
4.3.1. Recolección de los Frutos para el Análisis Microbiológico.	47
4.3.2. Recolección de los Frutos para el Análisis Físicoquímico.	48
4.4. Métodos.	48
4.4.1. Programa General de Trabajo.	48
4.4.1.1. Caracterización Física del fruto.	49
4.4.1.2. Análisis químico de la pulpa.	49
4.4.1.3. Calidad Microbiológica de la pulpa.	50
4.4.1.4. Selección de la Conserva de las cantidades de materia prima y procedimientos para la elaboración de conservas (Mermelada, ate y deshidratado)	51

4.4.1.5. Diseño de los procedimientos y formulaciones para la mermelada y ate.	51
4.4.1.6. Procedimiento para la elaboración de mermelada.	53
4.4.1.7. Procedimiento para la elaboración del ate.	54
4.4.1.8. Procedimiento para la elaboración del deshidratado.	54
4.4.1.9. Evaluación de las Conservas.	55
4.5. Análisis Estadístico.	56
5. RESULTADOS	56
5.1. Características Físicas del fruto de <i>Hylocereus undatus</i> (pitahaya).	56
5.2. Análisis Químico de la pulpa de <i>Hylocereus undatus</i> (pitahaya).	57
5.3. Calidad Microbiológica de la pulpa de <i>Hylocereus undatus</i> (pitahaya).	57
5.4. Diseño de los procedimientos y formulaciones para la mermelada y ate.	57
5.5. Formulación final de las conservas (Mermelada y Ate).	59
5.5.1. Mermelada y Ate	59
5.5.2. Deshidratado.	60
5.6. Calidad microbiológica de las conservas (mermelada, ate y deshidratado)	60
5.7. Evaluación Sensorial	61
6. DISCUSIÓN	66
6.1. Características físicas.	66
6.2. Análisis Químico de la pulpa de <i>Hylocereus undatus</i> (pitahaya).	69
6.3. Calidad Microbiológica de la pulpa de <i>Hylocereus undatus</i> (pitahaya).	77
6.4. Conservas a base de la pulpa de <i>Hylocereus undatus</i> (pitahaya).	78
6.4.1. Mermelada	78
6.4.2. Ate	79
6.4.3. Deshidratado	79
6.5. Calidad Microbiológica de las Conservas	80
6.5. Evaluación Sensorial	80
7. CONCLUSIONES	81
8. PERSPECTIVAS	81
9. LITERATURA CITADA	82
10. ANEXOS	98

## CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 1. Producción Mundial de pitahaya	9
Cuadro 2. Superficie con plantaciones especializadas consolidadas de pitahayas en México	9
Cuadro 3. Fenología del Cultivo de pitahaya	14
Cuadro 4. Producción de pitahaya según la edad de la planta.	15
Cuadro 5. Especificaciones para la exportación de Pitahaya al mercado Japonés	22
Cuadro 6. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos	30
Cuadro 7. Condiciones en que se destruyen los gérmenes y la capacidad de conservación resultante	40
Cuadro 8. Limite de unidades formadoras de colonias para mermeladas, purés, jaleas y ates.	44
Cuadro 9. Diferencias entre los procesos ensayados para la elaboración de mermelada y ate de pitahaya.	52
Cuadro 10. Características físicas del fruto de <i>Hylocereus undatus</i> (pitahaya) colectados en Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Promedio de 20 frutos.	56
Cuadro 11. Características químicas de la pulpa de <i>Hylocereus undatus</i> (pitahaya)	57
Cuadro 12. Resultados de atributos sensoriales, físicos y químicos obtenidos después de aplicar los procesos 1, 2, 3, 4 y 5 a la pulpa de pitahaya.	58
Cuadro 13. Cantidades utilizadas para la elaboración de mermelada y ate a base de pulpa de <i>Hylocereus undatus</i> (pitahaya).	59
Cuadro 14. Resultados obtenidos en el deshidratado de pitahaya	60
Cuadro 15. Especificaciones sanitarias para conservas envasadas NOM-130-SSA1-1995 (Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometido a tratamiento térmico. Disposiciones y especificaciones sanitarias).	60
Cuadro 16. Comparativo de los requisitos para la exportación de los frutos al mercado de Japón.	68
Cuadro 17. Comparativo de la caracterización de los análisis químicos con otros autores, (Cada 100 gramos de pulpa).	70



## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1 Distribución y Concentración de Pitahayas en México, Centroamérica y el Caribe	6
Figura 2. Cadena de distribución regional.	17
Figura 3. Cadena de distribución nacional	17
Figura 4. Cadena de distribución en centros comerciales.	18
Figura 5. Cadena de distribución internacional.	18
Figura 6. Diagrama general de trabajo.	49
Figura 7. Desarrollo de formulaciones para la elaboración de la mermelada.	53
Figura 8. Grado de aceptación de la mermelada. Evaluación sensorial con una escala hedónica verbal de cinco puntos realizada al azar con 10 jueces no entrenados de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala	61
Figura 9. Grado de aceptación del ate. Evaluación sensorial con una escala hedónica verbal de cinco puntos realizada al azar con 10 jueces no entrenados de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala	62
Figura 10. Grado de aceptación del deshidratado natural. Evaluación sensorial con una escala hedónica verbal de cinco puntos realizada al azar con 10 jueces no entrenados de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.	63
Figura 11. Grado de aceptación del deshidratado con azúcar. Evaluación sensorial con una escala hedónica verbal de cinco puntos realizada al azar con 10 jueces no entrenados de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.	64
Figura 12. Grado de aceptación del deshidratado con chile. Evaluación sensorial con una escala hedónica verbal de cinco puntos realizada al azar con 10 jueces no entrenados de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala	65
Figura 13. Frutos recolectado de Zapotitlan de Salinas, Puebla.	73

## RESUMEN

La pitahaya se cultiva en huertos familiares, en Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Parte de la cosecha se utiliza para autoconsumo como fruta fresca, agua o preparada con chile y limón, otra se vende de manera informal sobre las carreteras locales o por intermediarios conocidos como acopiadores. El fruto no se puede almacenar por largos periodos de tiempo, los pobladores se ven en la necesidad de venderlo a precios muy bajos. Es necesario, buscar alternativas para su procesamiento que permitan mantener las características nutritivas de la pitahaya, así como su inocuidad microbiológica. En el presente trabajo se evaluaron características físicas, químicas y microbiológicas del fruto de pitahaya *Hylocereus undatus*, y con base en estas se diseñaron formulaciones para la elaboración de conservas; mermelada, ate y deshidratado. Los frutos de pitahaya se recolectaron en huertos familiares de Zapotitlán de las Salinas y se transportaron en cajas. Para el análisis microbiológico se depositaron en contenedores estériles. Los frutos se almacenaron a 4°C por un tiempo no mayor a 16 h. En el laboratorio se cuantificaron el peso, tamaño (longitud y diámetro) y firmeza. El análisis químico de la pulpa consistió en Cenizas, Fibra, Lípidos, Proteínas, Carbohidratos, Solidos Solubles Totales (SST), pH, Acido Ascórbico, Acidez Titulable, Humedad y Pectina. La calidad microbiológica de la pulpa y de las conservas se determino por el contenido de Coliformes Totales, bacterias mesofíticas aerobias, hongos y levaduras. Con base a los resultados físicos y químicos se determino el tipo de conserva a elaborar, el procedimiento y las formulaciones aplicadas. Los parámetros químicos considerados para la elaboración de las formulaciones de las conservas fueron Ácido cítrico 0.36 g ml<sup>-1</sup>, Pectina 8.8 g y Carbohidratos 8.9 g. En cuanto a la calidad de la pulpa del fruto resulto ser inocua, lo que facilita el manejo como materia prima. Los tipos de conservas seleccionadas fueron mermelada, ate y deshidratado, se diseñaron tres procedimientos para la elaboración de la mermelada con siete formulaciones y dos procedimientos con dos formulaciones para el ate, para el deshidratado se utilizó un procedimiento con tres presentaciones. De las formulaciones ensayadas se seleccionaron, para la mermelada; 100 g de pulpa, 65.5 g de azúcar pectina 1.8 g y acido cítrico de 0.14 g y para el ate; 100 g de pulpa, 60 g de azúcar, 10 g de pectina y acido cítrico de 0.14 g. Ambas conservas presentaron características químicas (SST de 67°Brix y 76°Brix respectivamente y ambos un pH de 4) para este tipo de conservas. Para el deshidratado de pitahaya (natural, azucarado y con chile) se elimino el 90 % de agua. Los frutos frescos y procesados de *H. undatus* están libres de microorganismos y de acuerdo a una escala hedónica de cinco puntos tuvieron una amplio nivel aceptación.

PALABRAS CLAVE: *Hylocerus undatus*, conserva, inocuo.

## 1. INTRODUCCION.

La familia de las cactáceas está integrada por alrededor de 2000 especies distribuidas en lugares de clima desértico o muy seco, sobre todo en América Central y América del Sur, aunque se han introducido y adaptado a otros lugares de clima seco y cálido, como Australia, el Mediterráneo y África oriental. Las condiciones geográficas de México con su relieve tan particular, han favorecido la diversificación de estas plantas, dando lugar a zonas de una gran riqueza biológica; en este país se reconocen unas 100 especies registradas por Bravo (1991), sin embargo, Reyes *et al.* (2004) menciona que son 850 especies. Se pueden mencionar las regiones del altiplano potosino hacia el norte y la región de Tehuantepec hacia el sur, el valle de Meztlán en el centro del país y Tehuacan-Cuicatlán.

Las cactáceas tienen diferentes usos, muchas de ellas son apreciadas como plantas ornamentales, alimento para ganado, en la medicina tradicional, como protección y mejoramiento de suelos, como leña, construcción de paredes y techos de casas rústicas, artesanías (bastones, pies de lámparas, marcos para cuadros y espejos, muebles de estilo y otros elementos decorativos), cercas para la separación de las propiedades y alimento humano, por ejemplo, los brotes tiernos de la pitahaya son utilizados como verdura similar a los nopalitos (Rodríguez, 1997; Bravo, 1991).

En el caso particular de los frutos de la mayoría de las especies de las cactáceas, con excepción de los pertenecientes a la Subfamilia *Pereskioideae*, son comestibles. En general la pulpa compuesta por los funículos de las semillas que al madurar el fruto se su contenido de azúcar total aumenta, constituyen un alimento fresco y dulce, muy gustado en el país. Su importancia alimenticia radica en su alto contenido de azúcares y de cantidades considerables de vitaminas B1, B2, B3 y B6, C y E (Bravo, 1991).

Las numerosas especies de cactáceas que producen frutos utilizados por el hombre como alimento pertenecen principalmente a los géneros *Pereskia* (el único fruto consumido es *P. acutris* llamado "tuna de agua"), *Opuntia*, *Esconria*, *Heliobryonia*, *Pachycereus*, *Stenocereus*, *Carnegiea*, *Machaerocereus*, *Neobuxbaumia*, *Mytillocactus*, *Palaskia*, *Echinocereus*, *Ferocactus*, *Acanthocereus*, *Cereus*, *Nopalea*, *Selenicereus*, *Mammillaria* y *Hylocereus*, pero los de mayor importancia económica, por ser más utilizados, son los de *Opuntia*, *Stenocereus* e *Hylocereus* (Mizrahi *et al.*, 1997 citado por Esquivel, 2004; Bravo, 1991).

El género *Hylocereus* produce un fruto comúnmente llamado “pitahaya”, es un fruto de una cactácea trepadora, sus primeras producciones se obtuvieron a través de plantas silvestres; posteriormente se fueron introduciendo en huertos familiares o en linderos de algunos predios (bardas de piedra), mismas que fueron cuidadas hasta hacerlas más productivas, seleccionando los frutos que representaran las características deseadas por los productores y los consumidores. Desde los años 80 se han establecido plantaciones comerciales, por lo que se puede considerar a la pitahaya como especie productiva en transición de un estado silvestre a un cultivo comercial (Meráz *et al.*, 2003).

Las pitahayas cultivadas muestran excesiva variación por la heterogeneidad genética de las plantas, como son, los bajos rendimientos y los frutos son variables en concentración de azúcar, forma, color, tamaño y número de brácteas, así como su resistencia al manejo y periodo de vida de anaquel (Barcenás *et al.*, 2002; Castillo, 2006).

Existen de 16 a 18 especies distribuidas en las Antillas, México, América Central y el norte de Sudamérica (Bravo, 1978), tan solo en Mesoamérica crecen, según datos bibliográficos, alrededor de diez especies: *Hylocereus guatemalensis*, *Hylocereus polyrhizus*, *Hylocereus costarricensis*, *Hylocereus monacanthus*, *Hylocereus stenopterus*, *Hylocereus ocamponis*, *Hylocereus purpsii*, *Hylocereus calcaratus*, *Hylocereus triangularis*, *Hylocereus undatus* (Bravo, 1984 citado por Bárcenas, 2002).

En México existen 3 especies muy conocidas, Pitahaya roja, mesocarpio (pulpa) rojo (*Hylocereus ocamponis*), Pitahaya amarilla, mesocarpio blanco-amarillento (*Cereus triangularis* Haw, *Acanthocereus pitahaya* Jacq, *A. colombianus* B. et R., *Cereus* D.C.) y Pitahaya roja con mesocarpio blanco (*Hylocereus undatus*) (Meráz *et al.*, 2003), por otra parte, Rodríguez (2000), reporta la Pitahaya blanca que presenta epicarpio (cáscara) amarillo y mesocarpio blanco, se supone que es una variedad de *Hylocereus undatus*, pues su propuesta de denominación actualmente está en revisión y el material disponible es sumamente escaso y está en riesgo de extinción, entendiendo por variedad a cada uno de los grupos en que se dividen algunas especies y que se distinguen entre sí por ciertos caracteres hereditarios, no suficientes para considerar que se trata de una especie distinta (Norma Mexicana NMX-FF-006-1982, Productos alimenticios no industrializados, para uso humano-fruta fresca-terminología).

En México existen plantas silvestres de *Hylocereus undatus* con un epicarpio rojo y mesocarpio blanco en los estados de Campeche, Chiapas, Colima, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Yucatán, Veracruz y Puebla (Castillo *et al.*, 1996; Cáliz, 1996 citado por Delgado, 2002).

En el Estado de Puebla se produce en los municipios de Tehuizingo, Acatlán, Chila de la Sal, Tlacotepec de Benito Juárez, Yehualtepec, Xochitlán, Tepeyahualco de Cuauhtémoc, Tochtepec, Molcaxac, Tepexi, Coyotepec, Huatlatlauca, Zacapala, Caltepec, Atexcal, Tepenco de López, Tehuacán, San Gabriel Chilac, Altepexi, San José Miahuatlán, San Jerónimo Xayacatlan, Huitzoltepec y Zapotitlán de las Salinas (Secretaría de Desarrollo Rural, 2005-2011)

En Zapotitlán de las Salinas, por lo general *Hylocereus undatus*, se produce en huertos familiares, una cantidad de la cosecha se utiliza para autoconsumo como fruto fresco, preparada con chile, limón o agua, una mínima cantidad del fruto se conserva como fruto deshidratada y mermelada casera, otra parte, se vende de manera informal sobre las carreteras locales o por intermediarios conocidos como acopiadores (Comunicación personal).

La producción de los frutos es anual, ocurre principalmente de junio a octubre; en consecuencia, en la mayor parte del año no se generan ganancias, aunado a que dentro del periodo de fructificación de frutos la maduración fisiológica de los mismos no es continua, sino que ocurre a intervalos de aproximadamente 20 días realizando 4 a 5 cortes y el fruto no se puede almacenar por largos periodos de tiempo (Arévalo *et al.*, 1999; Centurión Yah *et al.*, 2000) por lo que los pobladores se ven en la necesidad de venderlo a precios muy bajos; este aspecto dificulta la oferta continua como la demandan los mercados o para lograrlo se deben usar cámaras de refrigeración que encarecen su manejo poscosecha y elevan el precio del producto.

Se reportado que por largos periodos de almacenamiento en las cámaras de refrigeración, estas afectan algunas características de la calidad del fruto después de  $28 \pm 2$  días, se observa pérdida de peso, firmeza de la pulpa, pH, sólidos solubles, acidez, vitamina C y azúcares reductores (Magaña *et al.*, 2006; Vargas *et al.*, 2007; Zebadúa *et al.*, 2007).

Otra problemática, con la cual se encuentran los pobladores es la calidad organoléptica nutricional y de manejo postcosecha de la pitahaya depende principalmente del grado de madurez al momento del corte. Castillo y Ortiz (1994); Weiss *et al.*, (1994) citados por Centurión *et al.*, (2008), reportan que los frutos completan su desarrollo en 39 a 52 días contados desde la apertura del botón floral hasta que alcanzan la madurez de consumo en la planta. La maduración del fruto de pitahaya inicia con una coloración rojiza, sufren de un agrietamiento en la zona de unión entre los restos florales y el fruto y termina con la caída del fruto; para evitar esta última, los productores cosechan en un estado intermedio (los frutos presentan un color verde claro mezclado con rojo incipiente) a decir por los pobladores, esta práctica hace que el fruto pierda sabor; sin embargo reducen el riesgo por una posible contaminación por microorganismos.

Existen algunas plagas y enfermedades que aún deben identificarse y estudiarse para establecer medidas, prevenir y controlar sus daños (Castillo, 2006), por ejemplo, los frutos son susceptibles a escarabajos, hormigas y pájaros, también considerados como plaga debido a que los frutos presenta un llamativo color rosa mexicano que los hace fácilmente localizables, para evitarlo, los habitantes lo cubren con bolsas de plástico.

Una limitante para la exportación del fruto fresco a Estados Unidos se debe a que se le considera a la pitahaya como hospedera de la Mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata*, por lo que la única forma de introducir el producto a EU. es de forma procesada ya sea como pulpa congelada, seca, deshidratada o enlatada [Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2006].

Por lo que se hace necesario buscar alternativas de conservación que permitan mantener las características nutritivas de la pitahaya, así como su inocuidad microbiológica, pues son de vital importancia para el avance y consolidación de los proyectos de producción de pitahayas, toda vez que permiten ofertar varios productos, tener disponibilidad durante todo el año, mantener en operación los establecimientos agroindustriales y las empresas exportadoras y agregarle un mayor valor al producto agrícola, por lo que se debe repercutir en mayores beneficios para los productores y mayor desarrollo para las zonas de cultivo.

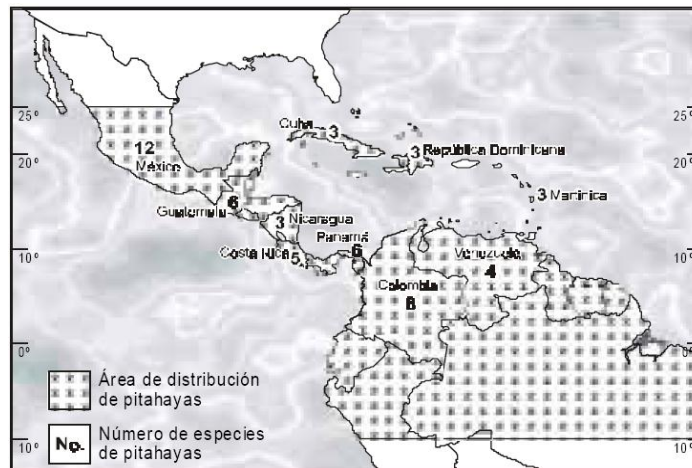
## 2. ANTECEDENTES.

### 2.1.1. Origen y Distribución.

La pitahaya es un cactus suculento, rustico originaria de América Tropical, se encuentra en Costa Rica, Venezuela, Curazao, Cuba, Puerto Rico, Nicaragua, República Dominicana, Panamá, Uruguay, Colombia, Guatemala, Brasil y México (Bravo y Sánchez, 1978; Becerra, 1986; Cádiz, 1996).

En el continente americano las pitahayas se distribuyen en una franja delimitada entre los 10° Latitud Sur, que es un paralelo que cruza por la costa peruana, ligeramente por la frontera entre Bolivia, Perú y Brasil, y los 25° Latitud Norte, que atraviesa los estados mexicanos de Baja California Sur, Sinaloa, Durango, Nuevo León y Tamaulipas. La mayor presencia se ubica en altitudes entre 0 y 2000 msnm. Los países con mayor número de especies son: México, 12; Colombia, 8; Guatemala y Panamá, 6, Costa Rica, 5; Venezuela, 4, y Nicaragua, Cuba, República Dominicana y Martinica, 3 (Figura, 1). El cultivo de pitahaya, aun cuando se inició y continua en América, ya se extendió a otros dos continentes: Europa y Asia (Rodríguez, 2000).

**Figura 1.** Distribución y Concentración de Pitahayas en México, Centroamérica y el Caribe.



La amplia distribución geográfica que tienen las diferentes especies de pitahaya indica su gran capacidad de adaptación a distintas condiciones ambientales, desde las regiones húmedas y cálidas, prácticamente desde el nivel del mar hasta las zonas altas y frías. En general, prosperan de 0 a 1850 msnm, con temperaturas entre los 18 y 27 °C

y precipitaciones de 650 a 1500 mm anuales. Aunque se desarrollan mejor en los climas cálidos subhúmedos, también se adaptan a los climas secos; sin embargo, no soportan, las bajas temperaturas. La pitahaya amarilla de Colombia es diferente, pues se encuentra entre 1000 y 1850 msnm, temperaturas de 18 a 25 °C y precipitaciones de 1300 a 2200 mm anuales (Castillo *et al.*, 1996; Rodríguez 2000; Meráz *et al.*, 2003; Bárcenas *et al.*, 2002).

Los suelos en los que se cultive deben tener excelente drenaje, pues no tolera los terrenos inundables; de igual manera debe ser rico en materia orgánica, pues sus raíces son superficiales; no obstante, requiere de programas de nutrición acordes a su desarrollo fenológico y a sus requerimientos productivos. Para la producción comercial de las pitahayas es preciso disponer de sistemas de riego que permitan proveerle de humedad en épocas críticas del año (Rodríguez, 2000; Corres, 2006).

En México, se produce en 24 de las 31 entidades federativas de México en los estados de Aguascalientes, Campeche, Chiapas, Colima, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, San Luís Potosí, Sinaloa, los desiertos de Sonora y Baja California, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán, sur de Zacatecas, Estado de México y Puebla, que en conjunto presentan una gran diversidad de especies por sus características de tallos, flores y frutos [Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2009]; Castillo *et al.*, 1996; Cálix, 1996).

### **2.1.2. Especies de Importancia Comercial.**

Las pitahayas de importancia comercial en el mundo pertenecen a dos géneros botánicos *Selenicereus* e *Hylocereus*, pero en cada país productor existen varias especies e incluso en la misma especie dominante hay gran polimorfismo. Son cuatro grupos de pitahayas, de los cuales tres son los de mayor importancia comercial: Pitahaya amarilla, Pitahaya roja de mesocarpio roja y Pitahaya roja de mesocarpio blanca (Corrales, 2002).

El análisis químico de los frutos de la pitahaya principalmente producidas y llevadas a los distintos mercados indica, en general, que es importante su contenido de fósforo, potasio, magnesio y vitaminas A y C. La pitahaya amarilla presenta una mayor cantidad



de Sólidos Solubles Totales (19 °Brix) que son azúcares, seguida por las rojas de mesocarpio rojo (12.5 °Brix) y de mesocarpio blanco (10.6 °Brix) (Rodríguez, 2000).

Las especies reportadas por Meráz *et al.*, (2003) para México son:

1. Pitahaya roja (*Hylocereus ocamponis* S. D., *C. ocamponis* S. D.). Presenta tallos gruesos, la flor es amarillenta con ángulo convexo entre yemas, frutos dulces cubiertos de escamas, pulpa roja vinosa y susceptible al transporte y almacenamiento el fruto de esta especie se encuentra en mayor proporción en el mercado.
2. Pitahaya amarilla (*Cereus triangularis* Haw, *Acanthocereus pitahaya* J acq, *A. colombianus* B. et R., *Cereus pitahaya* D.C.). Presentan flores blancas, brácteas verdes, frutos de color blanco-amarillento a la madurez, de 12 cm de longitud y sabor más dulce que la pitahaya roja, ángulo entre yemas cóncavo, es resistente al transporte y al almacenamiento. Presenta menor demanda que la pitahaya roja.
3. Pitahaya blanca (*Hylocereus undatus*). Se caracteriza por tener epicarpio rojo y mesocarpio blanco; las flores tienen las brácteas verdes y los pétalos blancos.

#### **2.1.2.1. Plantaciones Especializadas a Nivel Internacional.**

Aparte de las pequeñas y aisladas superficies cultivadas en huertos familiares, existen 1,446 ha con plantaciones especializadas de pitahaya, con gran variedad de sistemas de cultivo (Rodríguez, 2002).

Dicha superficie se distribuye de la siguiente manera: Nicaragua tiene 560 hectáreas, Colombia 250, México 265, Guatemala 50, e Israel 20. De acuerdo con rendimientos de 10 ton/ha, y en el supuesto de que toda la superficie esté en plena producción, resulta que el producto total sería del orden de 10 250 ton, de las cuales el 11 % (1 105 ton) correspondería a frutos con calidad para colocarse en el mercado internacional (Cuadro, 1) (Rodríguez, 2002).

**Cuadro 1.** Producción Mundial de pitahaya (Rodríguez, 2002).

<b>PAÍS</b>	<b>SUPERFICIE (ha)</b>	<b>PRODUCCIÓN TOTAL (ton)</b>	<b>PRODUCCIÓN DE EXPORTACIÓN (ton)</b>
Nicaragua	560	5 600	560
Colombia	250	2 500	250
<b>México</b>	<b>145</b>	<b>1 450</b>	<b>145</b>
Guatemala	50	500	50
Israel	20	200	200
<b>Total</b>	<b>1025</b>	<b>1151</b>	<b>1105</b>

Aparte de los países incluidos en el cuadro 1, en la producción mundial existen otros productores de pitahayas (Guatemala, El Salvador, Italia, Vietnam, Taiwán, Filipinas y Hong Kong), pero las superficies que manejan todavía no son significativas (Rodríguez, 2000).

La comercialización de las pitahayas se realiza sobre todo en los mercados regionales de los países productores y en el mercado internacional. Colombia y Nicaragua orientaron sus proyectos de producción principalmente al mercado internacional, en tanto que México y Guatemala comercializan principalmente en los mercados regionales (Rodríguez, 2000).

Stubbert y Mojica (1997) citado por Rodríguez (2000) estiman una demanda semanal de 70 ton, 30 en Europa, 20 en Japón y 20 en Canadá, que equivalen a un requerimiento anual en el mercado internacional de 1500 ton, monto ligeramente superior al volumen estimado de producción para exportación.

#### **2.1.2.2. Plantaciones Especializadas a Nivel Nacional.**

En México, la producción actual es obtenida principalmente en huertos familiares, en superficies pequeñas, totalmente dispersas, con niveles de productividad sumamente bajos, con presentación y calidades muy diversas y con severos problemas fitosanitarios (Rodríguez, 2002).

Se estima que en todo el país existen 145 ha cultivadas en estas condiciones, de la cual se obtienen aproximadamente 450 ton/año. La mitad de la superficie y del volumen de la producción corresponden a la península de Yucatán, donde los huertos de varias comunidades de la que fuera la zona henequenera del estado de Yucatán están especializados en su cultivo. Le siguen en importancia el estado de Tabasco, principalmente en la zona de la Chontalpa; el estado de Puebla, en las zonas de la Cañada, el Valle de Tehuacán y la Mixteca; el estado de Oaxaca, en la zona de la Cañada, y el estado de Jalisco, en las localidades de Autlán y Sayula (Rodríguez, 2000).

El gobierno de Yucatán fomentó proyectos del cultivo en una superficie de 800 ha, además productores particulares tienen alrededor de 200 ha, haciendo un total de 1 000 ha establecidas en los últimos años. Así como en Yucatán, en otros estados como Campeche y Quintana Roo se impulsó el cultivo, de tal manera que se estima que existen 10 ha en el primero y 15 en el segundo. En el estado de Puebla se han establecido parcelas demostrativas y existen pequeñas plantaciones que en conjunto ocupan 5 ha, en total se establecieron 1 050 ha con plantaciones especializadas. De tal superficie la mayor parte ya no existe y otra ya está en condiciones de semiabandono. Así, se estiman que actualmente existe en el país un total de 145 ha, de las cuales 100 se encuentran en el estado de Yucatán (Rodríguez, 2002; Carrillo, 2004), Moctezuma (2000) incluye al estado de Yucatán con 220 ha y Veracruz con 40 ha, en el 2008 el Anuario Estadístico de la Producción Agrícola reporta una superficie sembrada de un total de 486.29 ha (Cuadro, 2).

**Cuadro 2.** <sup>1</sup> Superficie con plantaciones especializadas consolidadas de pitahayas en México (Rodríguez, 2002; Carrillo, 2004), <sup>2</sup> Estados productores de pitahaya en México (Moctezuma, 2000). <sup>3</sup> Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos, 2008.

<b>ESTADO</b>	<b>SUPERFICIE <sup>1</sup></b> <b>(ha)</b>	<b>SUPERFICIE <sup>2</sup></b> <b>(ha)</b>	<b>SUPERFICIE <sup>3</sup></b> <b>(ha)</b>
Yucatán	100	220	360.55
Tabasco	15	15	--
Quintana Roo	15	10	82
Campeche	10	10	--
<b>Puebla</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>25.24</b>
Guerrero	--	--	9
Jalisco	--	--	7.5
Veracruz	--	40	--
Nayarit	--	--	2
<b>TOTAL</b>	<b>145</b>	<b>300</b>	<b>486.29</b>

En el caso particular del Estado de Puebla, actualmente este cultivo se realiza en 300 hectáreas de 32 municipios, principalmente en Atexcal, Tehuacán, Acatlán, Tehuizingo y Zapotitlán (Secretaría de Desarrollo Rural, 2005-2011)

### **2.1.3. Producción de Pitahaya en Zapotitlán de las Salinas.**

En Zapotitlán de las Salinas se le encuentra en forma silvestre en zonas de vegetación riparia. Además, es común encontrarla en la mayoría de los jardines domésticos (Arias *et al.*, 2000).

En la colonia San Martín, del municipio de Zapotitlán de las Salinas se inició con 50 ha, la superficie se ha incrementado a 300 ha (Secretaría de Desarrollo Rural, 2008).

Sin embargo, en la cabecera municipal por lo general se tiene en huertos familiares, como cultivo de traspatio. Los frutos son cosechados en dos estadios de maduración comercial, uno cuando se corta de la planta presentando un color rosa mexicano, el fruto es para autoconsumo (fruta fresca, preparada con chile y limón, agua fresca, y una mínima cantidad como mermelada casera y deshidratado), otra forma de cosecha es cuando el fruto en su parte basal presenta un color rosado, de esta manera el fruto está

apto para su comercialización de manera informal sobre las carreteras locales o por intermediarios conocidos como acopiadores (Comunicación personal).

#### **2.1.4. Clasificación Taxonómica.**

La pitahaya pertenece al Reino, Vegetal; Orden, Cactales; Familia, Cactaceae; Subfamilia, Ceretoideae; Tribu, *Hylocereae*; Subtribu, *Hylocereinae*; Género, *Hylocereus*; Especie, *undatus* (Bravo, 1978; Ortiz, 1999; Muñoz, 1997 citado por Vázquez, 2003). Es un cactus suculento, rústico, epífita, trepador, con frutos de sabor agradable.

Esta especie ha sido identificada por diversos autores con otros nombres: *Cactus triangularis aphyllis* (Jacquin, 1963); *Cereus triangularis major* (De Candolle); *Cereus undatus* (Haworth); *Cereus tricostatus* (Gosselin); *Hylocereus tricostatus* (Britt et al.); *Cereus trigonus guatemalensis* (Eichlam); *Hylocereus guatemalensis* (Eichl; Britt y R., 1920, citados por Bravo, 1978) y *Cactus trigonus*, Plum (Jorge y Ferro, 1989 citado por Meráz et al., 2003).

#### **2.1.5. Características Morfológicas.**

*Hylocereus undatus*, es una planta perenne, trepadora, silvestre, resistente a la sequía y poco exigente en cuanto a la calidad del suelo, puede crecer en las copas de los árboles, sobre rocas, paredes o en el suelo (Méndez, 1993; SAGARPA, 2009).

**Raíz:** Las pitahayas que nacen de semilla tienen dos tipos de raíz; a) la raíz principal o primaria que se origina de la radícula y que en poco tiempo deja de desarrollarse y se atrofia y b) las raíces adventicias, basales y aéreas, que en ambos casos surgen del haz vascular (Rodríguez, 1997; SAGARPA, 2009).

Las raíces adventicias basales nacen en la parte del tallo que está dentro del sustrato, son largas, delgadas y ramificadas y se distribuyen superficialmente en el suelo profundizan de 5 a 25 cm y su área de expansión es aproximadamente de 30 cm de diámetro. Las raíces adventicias aéreas aparecen indistintamente a lo largo de los tallos, le sirven para fijarse y sostenerse a arboles o muros, con lo que amplían el área de absorción de humedad y nutrientes (Castillo et al., 1996; Rodríguez, 1997; SAGARPA, 2009)

**Tallo:** Sus tallos son triangulares, suculentos, con costillas o trialados, las costillas más o menos onduladas y a veces cornificadas; emite raíces y las areolas pueden tener una o varias espinas cortas cuando son jóvenes, con pelos setosos, de color verde. Son fotosintéticos y dependiendo de las condiciones climáticas pueden medir desde unos cuantos centímetros hasta más de 35 metros. Tienen capacidad para almacenar agua que utilizan en periodos cortos de sequía, por lo que deben vivir en condiciones de mediana humedad (Meráz *et al.*, 2003).

**Flor:** Su flor es grande, de forma acampanulada, tubular, hermafrodita, blanca o rosada, mide de 20 a 35 cm de largo y 34 de diámetro. La floración es nocturna (Argüello y Jiménez, 1997 citado por Meráz *et al.*, 2003; Hernández y Amador, 2005).

**Fruto:** La formación del fruto, desde el momento de la polinización dura de 4 a 8 meses. Es una baya ovoide, redondeada o alargada; según la temperatura puede medir de 10 a 12 cm de diámetro y su peso varía de 200 g hasta 1000 g, en promedio el fruto está constituido por 70 % de pulpa y 30 % de cáscara (Ortiz *et al.*, 1994; Ortiz, 1995 citado por Delgado, 2002; Castillo *et al.*, 1996). Su cáscara presenta tonalidades desde rojo-purpúreas hasta rojo-amarillentas, con escamas foliáceas de color verde-amarillento, variando el número y su longitud. La pulpa es blanca y tiene muchas semillas pequeñas de color negro, carece de olor y sabor, pero su colorido es inigualable (Meráz *et al.*, 2003; Hernández y Amador, 2005).

### **Semilla.**

Las semillas son numerosas, pequeñas (1 a 2 mm), con funículo largo, esta última estructura une a la semilla con la pared interna del fruto. Las semillas están distribuidas en toda la pulpa, tienen la testa negra, brillante y lisa, están redondeadas por mucilago (substancia pegajosa) (Castillo *et al.*, 1996).

### **2.1.6. Características de Cultivo.**

El cultivo de la pitahaya se desarrolla desde 0 hasta 2 750 metros sobre el nivel del mar. Requiere de temperaturas promedio anuales entre los 13 y 28.5°C, con precipitaciones promedio anuales de 450 a 3 500 mm anuales. Prefiere los climas cálidos subhúmedos, pero también se adapta a los climas secos. Los suelos deben tener excelente drenaje, con buen contenido de materia orgánica (Rodríguez *et al.*, 1993; Castillo *et al.*, 1997; Cáliz, 2000).

Son dos los sistemas de producción utilizados, uno con uso de albarradas o tutores vivos.

En el primero se utilizan las albarradas (bardas de piedras) en el segundo se aprovecha la vegetación existente en el huerto familiar (árboles maderables, forrajeros o frutales) para servir de soporte a la pitahaya realizándose un manejo combinado de ambas plantas; en ambos sistemas existe una amplia gama de diferencias en el manejo, pues mientras algunos productores se limitan a plantar la pitahaya y esperar que los frutos maduren para cosecharlos, otros le proporcionan una serie de cuidados, tales como buena selección del material vegetativo, manejo adecuado de tutores, control de malezas y de plagas y enfermedades, entre otras, todas ellas con el propósito de obtener una mayor y mejor producción (Rodríguez *et al.*, 1993; Bárcenas *et al.*, 2002 citado por Hernández y Amador, 2005).

### 2.1.7. Cosecha y rendimientos

La cosecha es una de las actividades más importantes y delicadas dentro del proceso de producción de la pitahaya. Se realiza en los meses de junio, julio, agosto, septiembre y la primera mitad de octubre. La cosecha no es constante, ya que se realiza cada corte con un espacio de un mes, llegándose a efectuar de 4 a 5 cortes durante toda la temporada de cosecha (Cuadro, 3); la cosecha más importante es la de julio y las de menor producción son las de junio y octubre (Rodríguez *et al.*, 1993).

**Cuadro 3.** Fenología del Cultivo de pitahaya

<i>Etapa</i>	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Abr.</i>	<i>May.</i>	<i>Jun.</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>
Siembra												
Floración												
Fructificación												
Cosecha												

*Fuente: Elaboración propia con base en los trabajos de: Rodríguez (1993) y Castillo-Martínez (2000).*

Diversos autores reportan que la producción de flores y frutos inicia de junio a septiembre registrando tres periodos traslapados de floración y fructificación. En el primero, segundo y tercero tardaron 10, 21, 31 días respectivamente, desde la brotación de yema hasta la antesis, la flor abre sólo una vez en la noche, y todas las flores pueden florecer en un lapso de 3 a 5 días; mientras que el inicio de maduración de los

frutos ocurre en 39, 36-41 y 39-41 días (inicio del cambio de color de la cáscara), en cada uno de los periodos respectivos (Castillo, 2000; Cruz, 1996 citado en Hernández y Amador, 2005). Mientras más flores y frutos tenga una planta de pitahaya, el inicio en la maduración de los frutos tarda más, Carrillo (2004) menciona que alrededor de 30 a 40 días después de la floración.

El rendimiento de la planta es difícil de estimar ya que se ve influenciado por tres aspectos: edad de la planta, sistema de plantación y manejo de la misma, la SAGARPA emitió en el 2009 un reporte del comportamiento de la producción promedio según la edad de la plantación (Cuadro, 4).

**Cuadro 4.** Producción de pitahaya según la edad de la planta.

EDAD	FRUTOS/PLANTA
1er. año de plantación	0 – 0
2do. año de plantación	1 – 1.5
3er. año de plantación	5 – 10
4to. año de plantación	10 – 20
5to. año de plantación	12 – 15

Rodríguez *et al.*, (1993) ejemplifica que para una planta con cuatro años de edad, en un sistema de tutores vivos (arboles maderables, forrajes o frutales) con poco manejo, se obtienen de 30 a 36 frutos con un peso promedio de 400 g, lo que arroja una producción de 12 a 14.4 kg/planta; si se tratara de un sistema de plantación con densidad de 400 plantas/ha, con excelente manejo, el rendimiento podría ser de 6.5 a 8 ton/ha

Existen múltiples criterios para establecer el momento del corte del fruto, que dependen de las necesidades del mercado regional o de exportación al que se vaya a destinar el fruto (Rodríguez *et al.*, 1993). La calidad organoléptica, nutricional y de manejo postcosecha de la pitahaya depende principalmente del grado de madurez al momento del corte, la maduración del fruto inicia con una coloración rojiza y termina con la caída del fruto; para evitar esta última, los productores cosechan en un estado intermedio. (Centurión *et al.*, 2000 citado en Centurión *et al.*, 2008).



Antes de llegar a su madurez comercial, “los frutos pasan por tres etapas o estados de madurez” estas etapas están determinadas por la dureza del fruto, el brillo de la pulpa, además del brillo y color del epicarpio las cuales son, el punto de Sazón, Pinto y Madurez, esta terminología en una forma de expresión común para las personas involucradas en la producción, manejo y comercialización del fruto fresco (NMX-FF-006-1982)

**Punto de sazón**, cuando el fruto ya no crece, su color es verde claro, consistencia dura, poco brillo en el mesocarpio y epicarpio (20 días después de la floración),

**Pinto**, muestra un ligero cambio de coloración rojizo en el pericarpio; el mesocarpio es brillante (después de 25 días de floración),

**Madurez**, el fruto cambia totalmente su coloración; el epicarpio es completamente rojizo, el mesocarpio es muy brillante y la consistencia del fruto es suave, los frutos son más dulces y tienen mejor sabor (Carrillo, 2004).

La cosecha debe hacerse con navajas o cuchillos bien afilados, cuando la planta esté en sistema de albarrada o tutores de porte bajo; en tutores vivos de alto porte se debe usar un bajador, el cual consiste en un palo de hasta 5 metros, dependiendo de la altura a la que se encuentren los frutos, que lleva amarrada una coa en uno de sus extremos y tiene adaptada una bolsa donde se deposita el fruto cortado, o bien haciendo uso de una manta cuando no se cuenta con la bolsa, lo cual permite atrapar el fruto a la caída, evitando daños. Para todos los casos se debe procurar cortar el fruto sin dañarlo (Rodríguez *et al.*, 1993; Castillo *et al.*, 1996).

## **2.1.8. Comercialización de la Pitahaya.**

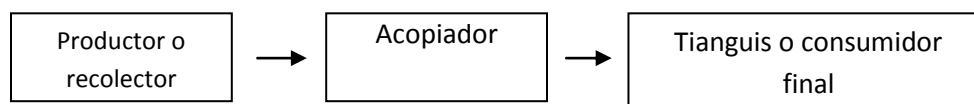
### **2.1.8.1. Aspectos Generales.**

La pitahaya tiene un fuerte impacto en el mercado en todos los niveles, su fruto de aspecto atractivo es considerado como exótico en el mercado internacional.

### **2.1.8.2. Comercialización Regional de la Pitahaya.**

La cadena más corta para la comercialización es el mercado local o regional se muestra en la Figura, 2.

**Figura 2.** Cadena de distribución regional.



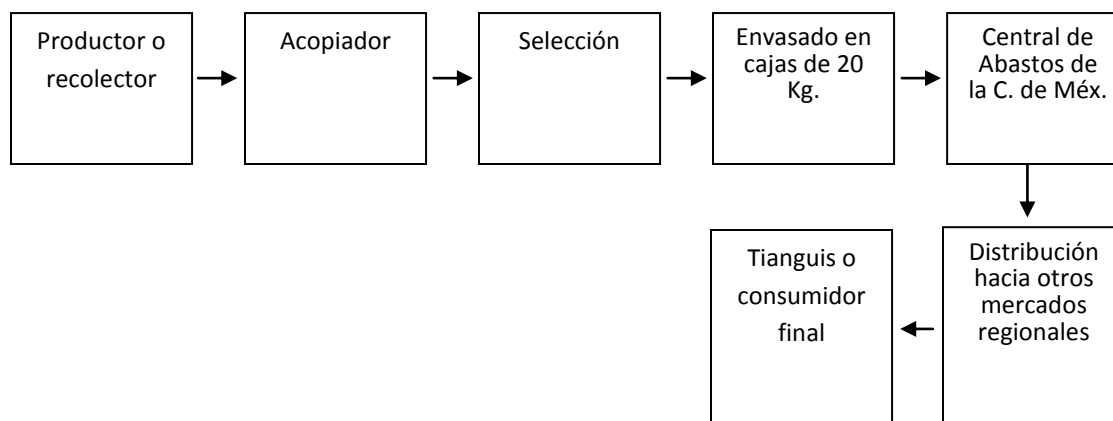
El precio que el productor recibe varía de acuerdo a la época de producción, si es al inicio o al término del periodo de la cosecha máxima, el precio promedio del fruto es de \$ 5.00 a \$ 6.00.

En el período de máxima producción, el precio baja llegando a ser de \$ 1.50 a \$ 2.50 la pieza, esto es debido a que el fruto no puede ser almacenado por largos periodos, el acopiador aprovechando esta situación ofrece pequeñas cantidades de dinero por cada fruto, teniendo el productor que malbaratar su mercancía; de no ser así una gran cantidad de su producción terminaría siendo merma (Rodríguez *et al.*, 1993; López *et al.*, 1999; Moctezuma, 2000; Carrillo, 2004).

### 2.1.8.3. Comercialización Nacional de la Pitahaya.

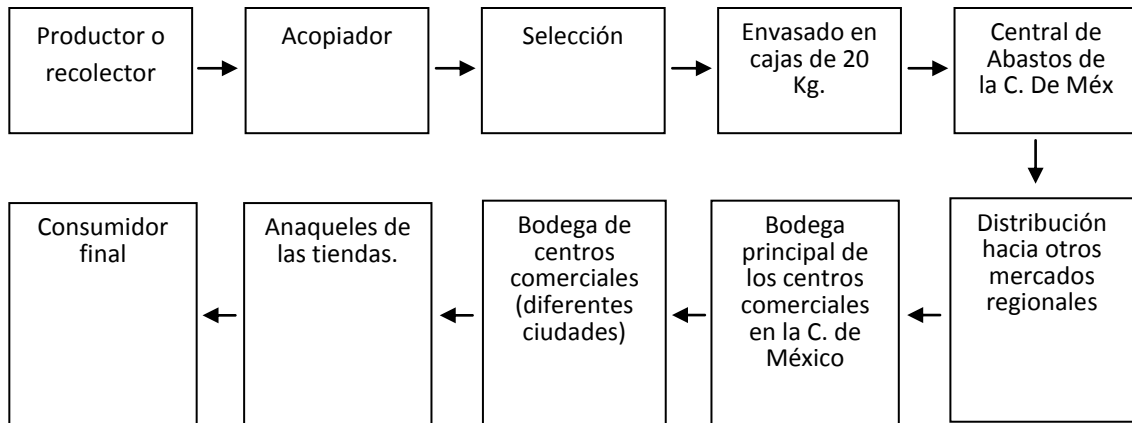
Para la comercialización en el mercado nacional la cadena de distribución aumenta, incrementándose el precio para el consumidor final, quien llega a pagar de \$ 30.00 a \$ 40.00 el kilogramo (Figura, 3).

**Figura 3.** Cadena de distribución nacional



Para su distribución en centros comerciales la cadena sigue en aumentos alcanzando en algunos de esos centros hasta \$ 80.00 el Kg (Rodríguez *et al.*, 1993; López *et al.*, 1999; Moctezuma, 2000; Carrillo, 2004) (Figura, 4).

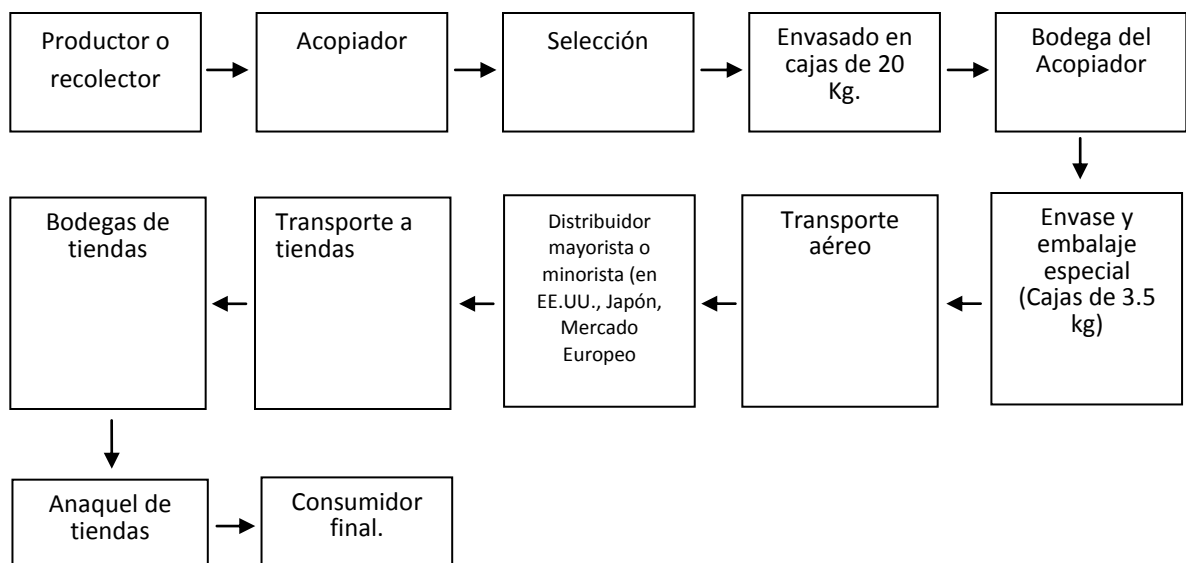
**Figura 4.** Cadena de distribución en centros comerciales.



#### 2.1.8.4. Comercialización Internacional de la Pitahaya.

Para el mercado internacional, la cadena es mayor aún y también el precio por kg, debido al pago de transporte, envase y embalaje del fruto. Además el precio se maneja en dólares en el mercado Europeo es de \$ 9.57 Dlls el kg (Rodríguez *et al.*, 1993; López *et al.*, 1999; Moctezuma, 2000; Carrillo, 2004) (Figura, 5)

**Figura 5.** Cadena de distribución internacional.



La Compañía Cosmo, S.A. de C.V., la más importante empresa exportadora de productos agrícolas mexicanos a Japón, es la que durante varios años ha hecho envíos de reducidos volúmenes de pitahaya, que capta en Puebla a través de un acopiador que, a su vez, ha desarrollado una red de intermediarios que conoce perfectamente la ocurrencia de la producción en las distintas regiones del estado: la Cañada, el Valle de Tehuacán y la Mixteca.

La producción de exportación resulta de la selección que se hace de toda la pitahaya acopiada, de tal manera que no hay un sistema exclusivo ni precios especiales, aunque al término de la temporada en la zona principal (la Cañada) el fruto suele pagarse precios atractivos para captar la producción de la Mixteca, o bien para completar el embarque se adquiere frutos de otros acopiadores a precios que ya incluyen su margen de ganancia. Incluso, cuando en los meses de septiembre y octubre no existe disponibilidad del fruto en Puebla, tienen que acudir al estado de Yucatán por la producción que les permita cumplir con sus compromisos de exportación (Rodríguez, 2000).

Una condición para la exportación de pitahaya, además del cumplimiento de las especificaciones del producto y de la realización de los trámites correspondientes, es el suministro continuo, semana a semana, del fruto durante todo el ciclo de producción, que abarca de mediados de junio a mediados de octubre. En la perspectiva regional, solamente el estado de Puebla puede cumplir con tal requerimiento, pues la diversidad de ambientes naturales en áreas reducidas influye en que la producción de pitahaya sea continua en todo el estado, primero en una zona y luego en otra. En cambio, en los estados de Tabasco, Yucatán, Quintana Roo y Campeche los periodos de cosecha coinciden en el tiempo y están sumamente concentradas: una semana de cosecha y tres semanas en los que no hay producción.

Desde 1997, la SAGARPA para acortar las cadenas de comercialización, ha organizado exposiciones regionales e internacionales con la finalidad de acercar a los productores con los comerciantes de todo el país y del extranjero. Aunado a esto se esta promoviendo el uso de la marca "De México Al Mundo" siempre y cuando los productos cumplan con ciertos requisitos, de entre los cuales destacan:

- Que el producto se encuentre dentro de alguno de los rubros propuestos como productos agropecuarios comercialmente no tradicionales.

- Que los beneficiarios de esta marca sean pequeños productores de bajos ingresos ubicados preferentemente en zonas rurales marginadas.
- Que cuenten con un diseño comercialmente aceptable de envase, etiqueta, empaque y embalaje y que se ajusten a la Normatividad Oficial Mexicana vigente (NOM-051-SCFI/SSA1-2010; López, *et al*, 1999).

Uno de los elementos importantes en la cadena productiva de cualquier mercancía, sea agrícola o no, es el envase y embalaje que es una inversión necesaria para proteger el producto en todas sus etapas del proceso de mercadeo, desde el productor hasta el consumidor, eliminar la manipulación individual del producto, para de este modo, acelerar el proceso de mercadeo y uniformar el número de unidades del producto por envase y/o embalaje, de modo que todos los comerciantes manejen cantidades estandarizadas (Carrillo, 2004).

Es urgente producir y utilizar embalajes protectores, almacenes adecuados y baratos y una distribución rápida. En general el envase y embalaje reducen el desperdicio, aumentan la vida de anaquel, incrementan el consumo en beneficio de la cadena de horticultores, transportistas, procesadores, distribuidores y de todos los grupos que se relacionan e intervienen en la producción y comercialización.

#### **2.1.9. Necesidades de envase y embalaje para la pitahaya.**

La importancia que representa el envase y embalaje para los productos hortofrutícolas “El uso de jaulas, cajas de madera (huacales), redes y costales, adecuados a los problemas específicos de cada grupo de productos agrícolas, facilita su recolección, carga y descarga, manejo y transportación de los centros de producción agrícola a los centros de procesamiento y a los mercados de abasto, disminuyendo significativamente el desperdicio.

El embalaje beneficia a los agricultores porque reduce también el desperdicio por merma, magullamiento, descuido, maltrato, robo y destrucción en general durante la recolección, almacenamiento, distribución, reparto y exhibición; es decir, durante todas las etapas de proceso de comercialización de productos frescos.

Carrillo (2004) recomienda que después de que los frutos son cosechados se deben de transportar lo más rápido posible al lugar en donde se van a acopiar, este centro de acopio debe contar con una serie de condiciones que sean favorables para mantener la

calidad del fruto, dichas condiciones son espacio, luz, temperatura y humedad. Las actividades que se realizan en este lugar son:

**Pre-enfriamiento.** Proceso en el cual se baja la temperatura de los frutos que vienen directamente del campo. Se sumergen en agua fría o asperjarse con esta. Primera limpieza del fruto.

**Desinfección.** Los frutos se colocan en un recipiente con fungicida y detergente frotando suavemente para no lesionarlos.

**Selección.** Desinfectados y secos se agrupan de acuerdo a su calidad, determinada por su forma, color, aroma, sabor; sin heridas, manchas, magulladuras o cicatrices, libres de plagas y enfermedades, además de evitar los residuos de agroquímicos o alguna otra suciedad.

**Secado.** Después de la selección, se procede a secarlos, para lo cual se puede utilizar ventiladores eléctricos.

**Encerados.** Consiste en aplicar alguna cera sobre el fruto, para reducir la pérdida de agua, dar una mejor apariencia y disminuir el ataque de enfermedades.

**Embalaje.** Los frutos que son destinados al mercado de exportación se deben envasar en cajas de cartón corrugado.

**Rotulado y etiquetado de los embalajes.** En la caja en la cual se envasan los frutos deben indicarse los siguientes datos: razón social del exportador, razón social del importador (si fuera necesario), el nombre del productor, marca comercial, número de frutos por caja, peso neto, clasificación de los frutos del país y lugar de procedencia de los frutos.

**Almacenamiento.** Con el propósito de prolongar la vida en anaquel del fruto, es sugerible almacenar en cuartos fríos a una temperatura de 10 a 12 °C, con ésta acción se retarda la maduración y se reduce la acción deteriorante de los microorganismos; el tiempo de almacenaje debe ser el menor posible.

Por otra parte Rodríguez (2000), menciona que deben ser empaquetados en cajas de cartón con capacidad de 4 kilogramos de peso neto, que contienen de 8 a 12 frutos y resistir el manejo para su exportación primero el transporte vía terrestre a la ciudad de

México y segundo por vía aérea hacia Japón. Los frutos contenidos en un mismo empaque deben tener uniformidad en tamaño, forma, presentación y color, deben estar completamente libres de plagas y enfermedades, así como de daños físicos, no deben recibir tratamiento alguno y son cuidadosamente seleccionados, las especificaciones se resumen en el Cuadro, 5.

**Cuadro 5.** Especificaciones para la exportación de Pitahaya al mercado Japonés.

Peso	300-550 gr.
Longitud	8 cm.
Diámetro	5 cm.
Grado de madurez a la cosecha	80%
Color al momento del corte	90% verde y 10% rosado
Color al momento de llegada al mercado de exportación	90% rosa y 10% verde
Grados Brix	10-11

En contraste Stubbert y Mojica (1997) citado por Lacayo *et al.*, (2005) los clasifican en dos grupos. El grupo I con un diámetro de 6 a 8 cm con un peso de 200 a 400 g y con un número de frutos por caja de 9 a 14. El grupo II con un diámetro de 9 a 14 cm, con un peso de 410 a 500 g y de 6 a 8 frutos por caja, en cajillas plásticas con 2 a 3 divisiones para evitar magulladuras, que contengan frutos sanas, sin manchas, ni cicatrices o heridas, uniformidad en tamaño, peso, forma y color, desinfectados por inmersión con una solución de cloro 100 ppm, encerado y secado, clasificados y empacados en tres grupos:

- M.1. Frutos verdes iniciando su cambio de coloración
- M.2. Hasta 30 % de cambio de color a verde a rojo
- M.3. 50% de cambio de color verde a rojo

Para el manejo postcosecha, el fruto requiere una temperatura de 10 °C y 85 a 90% de

humedad relativa durante un período de 2 a 3 semanas de almacenamiento esto para evitar los riesgos de la pérdida de la calidad.

La apreciación de la calidad está directamente relacionada con el estricto respeto de las especificaciones establecidas en las leyes correspondientes. Es decir, un producto será de buena calidad cuando se apegue a la legislación vigente, cubra los requisitos establecidos por el cliente, reúna las características esperadas por los consumidores e incorpore a lo largo del tiempo todas las nuevas y cambiantes exigencias (Díaz y Vernon, 1999).

El concepto de calidad abarca todos los atributos que influyen en el valor de un producto para el consumidor. Engloba, por lo tanto, atributos negativos, como estado de descomposición, contaminación con suciedad, decoloración y olores desagradables, pero también atributos positivos, como origen, color, aroma, textura y métodos de elaboración de los alimentos [Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Organización Mundial para la Salud (OMS), 2003].

El término de inocuidad de los alimentos y calidad de los alimentos pueden inducir al engaño. Cuando se habla de inocuidad de los alimentos se hace referencia a todos los riesgos, sean crónicos o agudos, que pueden hacer que los alimentos sean nocivos para la salud del consumidor. Esta distinción entre calidad y inocuidad tiene repercusiones en las políticas públicas e influye en la naturaleza y contenido del sistema de control de los alimentos más indicado para alcanzar objetivos nacionales predeterminados (FAO y OMS, 2003).

#### **2.1.10. Inocuidad de los alimentos.**

La disponibilidad de alimentos sanos y seguros en el mercado y en la industria agroalimentaria hacen necesario que los países cuenten con un sistema nacional de inocuidad para sus alimentos, con una legislación actualizada basada en la ciencia (análisis de riesgo), misma que regule su producción, elaboración, almacenamiento y distribución, que sea capaz de armonizar con normas reconocidas para facilitar el cumplimiento de compromisos y acuerdos comerciales internacionales, abarcando todos los eslabones de la cadena alimentaria como un todo continuo “de la granja a la mesa” (FAO y OMS, 2005).



La inocuidad es definida por la Real Academia de la Lengua Española como el carácter de ser inocuo, o sea, que no cause daño. El daño a la salud no es causado por los alimentos en si, sino por agentes que puedan estar presentes en dicho producto. Estos agentes pueden ser de diversa índole o naturaleza, encontrando factores químicos, físicos y biológicos (SAGARPA, 2003).

#### **2.1.10.1. Químicos.**

Los riesgos químicos más comunes están clasificados en dos grupos: naturales y agregados. Los riesgos naturales se presentan en forma de alérgenos sustancias que pueden conducir a una reacción de hipersensibilidad (alergia) en personas susceptibles, por ejemplo el polen de las flores.

Las micotoxinas que son sustancias tóxicas producidas por hongos como *Aspergillus* que produce aflatoxina B<sub>1</sub> que es un carcinógeno potente que se asocia con el cáncer de hígado y alcaloides. Por otro lado, los riesgos químicos agregados son aquellos que pueden ser adicionados voluntaria e involuntariamente al producto.

Se debe de mantener una constante supervisión sobre todos los compuestos químicos utilizados en la producción de los alimentos, como en aquellos usados para la conservación, tanto en el alimento como en las instalaciones y equipos donde es manipulado. Esta contaminación refiere a la presencia de compuestos no naturales al producto y puede causar un daño a la salud.

Entre estos contaminantes se tienen a los plaguicidas, utilizados en la producción o como control de plagas, los desinfectantes, gases refrigerantes, grasas, aceites y metales pesados principalmente.

Durante el almacenamiento y transporte, la principal fuente de contaminación química puede deberse a la presencia de éstos compuestos en el almacén o contenedor de transporte, por la presencia de residuos por cargas anteriores en los contenedores o almacenamiento irresponsable en las cámaras de refrigeración.

#### **2.1.10.2. Físicos.**

Estos riesgos de contaminación, son todos aquellos agentes extraños a los frutos y hortalizas que pueden ser agregados durante su manipulación. Para el caso del almacenamiento, es común observar el uso de cajas en malas condiciones que

introducen pedazos del material con que están construidas al producto. Así mismo se considera contaminación física a los materiales como pelo, bolígrafos, anillos, cristales, grapas, etc., que introducen los operarios. Durante el transporte, el principal problema por este tipo de contaminación son los residuos de cargas anteriores en los contenedores refrigerados.

Para un control de este riesgo, es necesaria la supervisión del personal, así como las instalaciones, materiales usados y las condiciones durante el almacenamiento y transporte.

### **2.1.10.3. Biológicos.**

Dentro de este tipo de riesgo tenemos: bacterias, virus y parásitos; algunos hongos son capaces de producir toxinas y también se incluyen en este tipo de riesgos. A fin de facilitar su estudio, los microorganismos se dividen en cinco grandes grupos:

- Bacterias (*Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella*, *Listeria monocytogenes*)
- Virus (Virus de Norwalk, Hepatitis A, Rotavirus, etc.)
- Parásitos (*Giardia lamblia*, Helmintos, Platelmintos, Nematodos, etc.)
- Hongos (*Cryptosporidium*, *Cyclospora*)
- Levaduras

Muchas de las enfermedades provocadas por bacterias, virus o parásitos patógenos que se han vinculado a las hortalizas y frutos que pueden ser transmitidas al consumidor es cuando las heces humanas contaminan los productos. Es importante que las personas que manipulan los productos en cada etapa, desde su producción hasta el consumo, tengan conocimientos de las prácticas de higiene adecuadas para prevenir la contaminación. La formación de los trabajadores en cada nivel de la producción y la información a los consumidores han sido identificadas como elementos clave para reducir las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA's), que son asociadas a las hortalizas y frutos frescos.

Para lograr la inocuidad en los alimentos, en este caso de la pitahaya, es necesario tener sistemas que aseguren reducir al mínimo este tipo de riesgos, considerando que estos no pueden ser eliminados totalmente, pero si pueden ser minimizados a un nivel

que no cause daño a la salud humana.

No debe confundirse que los productos que presentan una excelente calidad por sus atributos físicos, lleven implícitamente la inocuidad, ya que existen riesgos químicos o microbiológicos que no pueden ser vistos a simple vista.

Para garantizar la inocuidad de los frutos de pitahaya se deben tener en cuenta las buenas prácticas agrícolas (BPA) y de manufactura (BPM), los procedimientos operativos estándar (POE) y de sanitización (POES), además del Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) (Carrillo, 2004).

#### **2.1.10.4. Buenas Prácticas Agrícolas.**

Son la parte medular e la inocuidad alimentaria constituida por una serie de recomendaciones que tienen como objetivo asegurar un ambiente limpio y seguro para los trabajadores encargados de la producción y poder así minimizar la contaminación del producto.

Para el cumplimiento de las buenas prácticas agrícolas se deben incluir principalmente los siguientes aspectos (Diario Oficial de la Federación, 2011).

Las condiciones generales de los campos de cultivo.

- Uso adecuado de plaguicidas y fertilizantes.
- Procedencia y manejo de agua.
- Prácticas de cosecha.
- Higiene del trabajador.

#### **2.1.10.5. Buenas Prácticas de Manufactura.**

Son las acciones que se deben seguir durante el manejo del fruto, haciendo énfasis en las condiciones adecuadas de manejo, selección, envasado, transporte, enfriado y embarque del producto.

#### **2.1.10.6. Procedimiento Operativo Estándar (POE).**

Son las instrucciones estrictas, las cuales documentan una actividad repetitiva o

continúa durante todo el proceso, desde que el producto está en campo hasta que llega al consumidor final. Las principales instrucciones que contienen los POE son:

- Nombre de la actividad.
- Lugar de realización.
- Lista de materiales y equipo requerido.
- Frecuencia de ejecución.
- Persona responsable.
- Descripción de cada paso de ejecución.

#### **2.1.10.7. Procedimientos Operativos de Sanitización (POES).**

Son los que especifican todos los procedimientos que deben seguirse para garantizar que las actividades de limpieza e higiene se realicen correctamente.

#### **2.1.10.8. Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP).**

Es un enfoque sistemático de la identificación, evaluación y control de los riesgos de inocuidad, consiste en recopilar y evaluar los riesgos asociados con el alimento para decidir cuáles son significativos y deben ser tratados en el programa de inocuidad. El HACCP tiene como principal objetivo el evitar que ocurran los problemas, pero su uso en productos frescos es muy limitado, ya que no existen medidas de que ha sucedido la contaminación; por lo tanto es preferible darle más importancia a la BPA y BPM.

#### **2.1.11 Normatividad.**

##### **2.1.11.1. Marco legal Internacional.**

Como consecuencia de la expansión de la economía mundial, de la liberalización del comercio de alimentos, de la creciente demanda de consumo, de los avances de la ciencia, de la tecnología y de las mejoras del transporte y las comunicaciones, el comercio internacional de alimentos frescos y elaborados continuará aumentando.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés), la Organización Mundial de la Salud (OMS), Comisión del Codex

Alimentarius y las obligaciones contraídas en el marco de los Acuerdos de la Organización Mundial de Comercio (OMC) han provocado un interés sin precedentes en la elaboración de normas y reglamentos alimentarios y en el fortalecimiento de la infraestructura de control de los alimentos en los países (Secretaría del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2006).

La Comisión del Codex Alimentarius es un organismo intergubernamental que coordina las normas alimentarias en el plano internacional. Sus principales objetivos son proteger la salud de los consumidores y garantizar prácticas leales en el comercio de alimentos. La Comisión ha demostrado ser especialmente eficaz en el logro de la armonización internacional de los requisitos de calidad e inocuidad de los alimentos. Más recientemente, el Codex ha emprendido una serie de actividades basadas en la evaluación del riesgo para resolver los riesgos microbiológicos (Secretaría del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2006).

La Norma del Codex para la Pitahaya (CODEX STAN 237-2003) establece las especificaciones para el suministro fresco al consumidor, algunas de ellas son relativas a la calidad que deben tener como requisitos mínimos los frutos que son: Estar enteras, sanas, deberán excluirse los productos afectados por podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptos para el consumo; limpias, y exentas de cualquier materia extraña visible, plagas que afecten al aspecto general del producto, daños causados por plagas; estar exentas de humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica; estar exentas de cualquier olor y/o sabor extraños; ser de consistencia firme; tener un aspecto fresco; estar exentas de rajaduras en la corteza; estar dotadas de un pedúnculo o tallo con una longitud comprendida entre los 15 y 25 mm; estar sin espinas.

Asimismo, se debe considerar las siguientes Normas y textos para su comercialización.

Norma General del Codex para el Etiquetado de Alimentos Preenvasados (CODEX STAN 1-1985). La presente norma se aplicará al etiquetado de todos los alimentos preenvasados que se ofrecen como tales al consumidor o para fines de hostelería, y a algunos aspectos relacionados con la presentación de los mismos.

Norma General del Codex para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los

Alimentos y Piensos (CODEX STAN 193-1995).

El producto al que se aplica las disposiciones de la presente Norma deberá cumplir con los límites máximos de residuos de plaguicidas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius.

Se recomienda que el producto regulado por las disposiciones de la presente Norma se prepare y manipule de conformidad con las secciones apropiadas del Código Internacional Recomendado de Prácticas - Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969), Código de Prácticas de Higiene para Frutas y Hortalizas Frescas (CAC/RCP 53-2003) y otros textos pertinentes del Codex, tales como códigos de prácticas y códigos de prácticas de higiene.

El producto deberá ajustarse a los criterios microbiológicos establecidos de conformidad con los Principios para el Establecimiento y la Aplicación de Criterios Microbiológicos a los Alimentos (CAC/GL 21-1997).

#### **2.1.11.2. Marco legal mexicano**

Aún no está definida y aprobada la Norma Oficial Mexicana para pitahaya, ni en los países importadores existen normas específicas para la pitahaya de México. Sin embargo se deben apegar la Ley de Federal de Sanidad Vegetal que es de observancia general en todo el territorio nacional y tiene por objeto regular y promover, la sanidad vegetal, así como la aplicación, verificación y certificación de los sistemas de reducción de riesgos de contaminación física, química y microbiológica en la producción primaria de vegetales.

Por otra parte, existen normas que deben considerarse para la comercialización de la pitahaya en el mercado nacional, como la Norma Mexicana NMX-FF-006-1982, Productos alimenticios no industrializados, para uso humano-fruta fresca, Terminología. Esta Norma Oficial Mexicana define los términos empleados con mayor frecuencia en la producción, manejo y comercialización del fruto en estado fresco, con la finalidad de establecer una forma de expresión común a las personas involucradas en estas actividades.

NOM-008-FITO-1995, En la que se establece los requisitos y especificaciones fitosanitarios para la importación del frutos y hortalizas frescas, a fin de prevenir la introducción, diseminación y establecimiento de plagas de importancia cuarentenaria al

territorio nacional y es aplicable a los frutos y hortalizas frescas comprendidas en este ordenamiento, así como a los productos y subproductos vegetales utilizados como material de embalaje o empaque de las mismas.

Norma Oficial Mexicana NOM-006-FITO-1995, En la que se establece los requisitos mínimos aplicables a situaciones generales que deberán cumplir los vegetales, sus productos y subproductos que se pretendan importar cuando éstos no estén establecidos en una norma oficial específica.

Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Establece las definiciones, símbolos y reglas de escritura de las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI) y otras unidades fuera de este Sistema que acepte la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), que en conjunto constituyen el Sistema General de Unidades de Medida, utilizado en los diferentes campos de la ciencia, tecnología, la industria, la educación y el comercio.

### 2.1.12. Países Productores

El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) y el Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos en el 2008, reporta la producción de pitahaya y el valor obtenido de esta. El estado de Yucatán obtuvo un valor de producción de \$ 6981.15 miles de pesos y la mínima fue el estado de Jalisco que no obtuvo ningún rendimiento (Cuadro, 6)

**Cuadro 6.** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos, 2008

ESTADO	Cultivo	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Producción	Rendimiento	Precio Medio Rural	Valor Producción
		(Ha)	(Ha)	(Ton)	(Ton/Ha)	(\$/Ton)	(Miles de Pesos)
YUCATAN	PITAHAYA	360.55	231.95	908.4	3.92	7685.11	6981.15
<b>PUEBLA</b>		<b>25.24</b>	<b>25.24</b>	<b>79.92</b>	<b>3.17</b>	<b>6512.76</b>	<b>520.5</b>
GUERRERO		9	8	28.6	3.58	13629.37	389.8
QUINTANA ROO		82	76	142.2	1.87	10630.8	1511.7
JALISCO		7.5	0	0	0	0	0
NAYARIT		2	2	13.5	6.75	5000	67.5

### **2.1.13. Usos de la Pitahaya.**

#### **2.1.13.1. Producto Alimenticio.**

Se consume como fruta fresca o preparada con chile y limón, cócteles, dulces, jugos, jaleas vinos de mesa en casi todos los Estados, pero especialmente en Quintana Roo como machacados y en Yucatán como nieves, raspados, refresco, este último preparado con agua mineral. En Tabasco, la empresa Agroindustrias Carla ha tenido avances en la obtención de pulpa deshidratada y licor de pitahaya (Castillo, 2000 citado por Meráz, 2003).

Los retoños de los tallos pueden ser consumidos por el hombre como verdura, de la misma forma que se hace con el nopal, y como forraje, por ser bien aceptados por el ganado bovino, ovino, caprino, así como por los pollos y patos (Castillo *et al.*, 1997; Lacayo *et al.*, 2005).

#### **2.1.13.2. Producto Medicinal.**

La cultura popular mexicana utiliza el tallo molido y disuelto en agua, para aliviar la gastritis, eliminar las amibas y resolver problemas renales; también se usa como champú para la caspa, y el fruto es recomendable para personas que sufren de estreñimiento (Castillo *et al.*, 1997). Aunque no se han reportado investigaciones científicas que avalen estas propiedades.

#### **2.1.13.3. Productos Industrializados.**

Con relación a la industria, del jugo concentrado de los tallos, se puede extraer jabón y preparar champú. El colorante rojo de los frutos puede ser empleado en la elaboración de helados, sorbetes, repostería y para teñir telas (Castillo *et al.*, 1997; Lacayo *et al.*, 2005). Cabe mencionar que estos investigadores no reportan las formulaciones con las cuales desarrollaron dichas tecnologías.

### **2.1.14. Composición Química de la Pitahaya.**

La pitahaya posee un alto valor nutritivo. Es rica en calcio, fósforo, sodio, potasio y vitamina C, comparada con la manzana, plátano, naranja y piña (Argüello y Jiménez, 1997 citado por Meráz, 2003). Es una rica fuente de agua, calorías, ácido ascórbico, fósforo y carbohidratos: cada 100 g de pitahaya contienen 89.4 g de agua, 36 calorías, 25 mg. de ácido ascórbico, 19 mg. de fósforo y 9.2 g de carbohidratos; no obstante, es deficiente en hierro y vitamina A. El valor energético de los tallos es superior al de



algunas verduras comunes (zanahoria, lechuga) y el contenido de hierro es similar al que se encuentra en las espinacas crudas (Castillo, 2000 citado por Meráz; Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1991, citado por Lacayo *et al.*, 2005).

Las diversas formas de usos del fruto, su calidad nutricional y la gran aceptación en el mercado internacional, hacen que este, sea muy atractivo para los productores y consumidores, por lo que la generación del conocimiento del mejoramiento y manejo del cultivo es extenso; sin embargo, no se ha logrado almacenar por largos periodos de tiempo, porque los frutos sufren cambios nutricionales, fisicoquímicos y microbiológicos.

#### **2.1.14.1. Conservación del Fruto Entero.**

El almacenamiento de los frutos cosechados a partir de que presenten en la parte basal una coloración rosa y una temperatura ambiente de  $26 \pm 2^\circ \text{C}$  después de seis a ocho días, sufren pérdida de peso, firmeza de la pulpa, pH, sólidos solubles, acidez, vitamina C y azúcares reductores (Arévalo *et al.*, 1999; Centurión-Yah *et al.*, 2000). En consecuencia se han realizado estudios de los efectos de la temperatura de frigoconservación a  $8^\circ\text{C}$ , composición de la atmosfera y el tiempo de almacenamiento, logrando prolongar la vida útil hasta 28 días sin afectar su calidad fisiológica y microbiológica (Magaña *et al.*, 2006).

A partir de este conocimiento se han implementado diversas metodologías, como la utilización de bolsas de polietileno de baja densidad (PBD) con perforaciones y atmósferas modificadas, logrando la reducción de los daños por frío y la reducción del peso, manteniendo la calidad y la vida útil 27 días, que solo usando  $8^\circ \text{C}$  (23 días) en refrigeración (Zebadúa *et al.*, 2007). Otro estudio realizado es con atmósferas controladas bajas en oxígeno al 3% y libres de bióxido de carbono almacenadas a  $12 \pm 1^\circ\text{C}$  durante 30 días, en contenedores de plástico cerrados con tapa hermética, consiguiendo mantener las características de calidad como la firmeza, acidez, ácido ascórbico, sólidos solubles totales, con menor contenido de etanol y acetaldehído, lo que representa un incremento significativo con respecto a la refrigeración (Vargas *et al.*, 2007).

Por último, Vargas *et al.*, (2007), indica que el daño físico producido por el cortado del fruto con cáscara y sin cascara, produjeron un incremento significativamente la respiración y la producción de etileno, con mayores efectos en las rebanadas sin

cáscara. En ambos casos, la respiración y la producción de etileno fueron significativamente mayores en los frutos enteros; sin embargo este incremento fue temporal, ya que al cabo de cierto tiempo regresaron a valores similares a los del fruto entero. Para disminuir estos efectos negativos en la calidad y vida útil de las rebanadas de pitahaya, sería conveniente cortar y separar la cáscara las pitahayas previamente enfriadas, para que la magnitud de su respuesta fuera de menor intensidad.

Por lo anterior fue necesario buscar alternativas de conservación, pero que sean alimentos naturales, de apariencia y valor nutritivo semejantes a los productos frescos, sin aditivos, y si fueran estos necesarios que sean naturales, microbiológicamente seguros y que, además sean fáciles de consumir y preparar desde el punto de vista culinario.

Como respuesta a esta demanda, los investigadores e industriales han desarrollado los denominados “Alimentos Mínimamente Procesados (AMP)”, en los que el tipo de proceso empleado es de baja intensidad para conseguir alimentos seguros y con propiedades nutricionales y características benéficas para la salud.

Una de las finalidades del procesamiento mínimo es conservar la apariencia de fresca del fruto al llegar al consumidor. Los frutos cortadas o mínimamente procesadas, son un tipo de productos preparados mediante una serie de operaciones unitarias (selección, lavado, pelado, deshuesado, corte, etc.) higienizados (derivados clorados, peróxido de hidrógeno, ozono, antimicrobiano naturales, etc.) y envasados con película plástica en atmósfera modificada. Son conservados, distribuidos y comercializados en condiciones de refrigeración (2-7 °C) y están listos para ser consumidos durante un periodo de vida útil de 7 a 10 días (Gorris y Peppelenbos citado por Cano *et al.*, 2005)

#### **2.1.14.2. Conservación del Fruto Mínimamente Procesado.**

El concepto de frutos con procesamiento mínimo, o mínimamente procesadas, se basa en la aplicación de tratamientos que permitan su empaque, comercialización y facilidad de consumo o conveniencia, produciendo cambios poco notables respecto a las características deseadas de calidad del producto fresco entero, (Welti, 2001), de tal forma que los frutos procesadas de esta forma mantienen sus atributos y propiedades de calidad similares a las del producto fresco. En estos productos, las células del tejido continúan vivas, sin embargo, esta condición no es imprescindible si se mantiene el estado de “frescura” del alimento o se preserva la condición de similitud al estado fresco

(Wiley, 1994 citado por Vargas *et al.*, 2007). Las ventajas de los alimentos mínimamente procesados es la frescura y conveniencia que ofrecen junto con la ausencia de aditivos y preservativos, así mismo se reduce el espacio durante el transporte y almacenamiento, decrece el tiempo de preparación y ofrece al consumidor un producto uniforme y de calidad consistente (Polenta, 1999).

Normalmente, los frutos mínimamente procesados son más perecederos que el producto original intacto, lo que se debe a que durante su preparación, en las operaciones de pelado, troceado, cortado etc., la integridad del tejido se altera, induciendo a un incremento en las velocidades de respiración, producción de etileno y otras reacciones metabólicas y por lo tanto un incremento en la velocidad de deterioro de estos productos (Martin y Oms, 2005). El grado de daño sufrido por estos productos afecta al igual el grado en el cual se modifica su metabolismo, (Cantwell, 1998 citado por Vargas *et al.*, 2007).

Diversos estudios de la Pitahaya revelaron que las rebanadas remojadas con una concentración de 500 ppm de cloro, 1 % de ácido ascórbico y 1 % de cloruro de calcio, secadas con una gasa estéril, empacadas en una recipientes de polipropileno (PP) rígido, tapadas con una película de PP a 4 °C controla la pérdida de acidez, los cambios de textura y pérdida de peso, consiguiéndose un producto estable desde el punto de vista microbiológico con el cual se pueden comercializar manteniendo una vida útil de al menos 28 días (Vargas *et al.*, 2005).

Vargas *et al.*, 2005 evaluaron el efecto de tres diferentes atmósferas automodificadas con películas plásticas de polietileno de baja densidad (PEBD), cloruro de polivinilo (PVC) y polipropileno (PP), en la fisiología y calidad de rebanadas de pitahaya almacenados a 4 °C durante 35 días. Obteniendo que las rebanadas mantenidas en atmósferas conservadas en PEBD lograron una vida útil de 21 días, en tanto que las rebanadas contenidas en PP y PVC alcanzaron un tiempo de conservación de hasta 28 días con adecuadas características de calidad.

Sin embargo, la importancia de la contaminación microbiana en productos mínimamente procesados se reporta que radica en las superficies dañadas por el corte por ser más fácilmente expuestas a microorganismos patógenos del humano como *E. coli*, *Listeria*, *Yersinia* y *Salmonella*; este problema se aborda con un buen manejo de sanitización, no obstante que pueden seguirse albergando microorganismos psicrófilicos como

*Pseudomonas* y *Listeria*. Considerando que el nivel de azúcar y acidez de los frutos es generalmente más alto que en las hortalizas en consecuencia los hongos y bacterias acidúricas son los microorganismos que pueden proliferar mas fácilmente (Cantwell y Suslow, 2002; Backett, 1997 citado en Hernández y Amador, 2005).

En los trabajos revisados describen la conservación del fruto fresca y mínimamente procesada y concluye que para ambos casos consiguieron prolongar el tiempo de vida útil de la pitahaya desde 6 hasta 35 días en diferentes temperaturas y diversas condiciones de almacenaje, sin embargo, aún no se ha logrado después 35 días prolongar el tiempo de vida útil sin causar daños en el fruto entero (hendiduras) o garantizar la calidad e inocuidad del fruto mínimamente procesado, lo cual promueve la búsqueda de nuevas alternativas para potencializar su comercialización como producto procesado, cubriendo así los requerimientos de la demanda durante todo el año, como es el caso de las conservas por ser productos que se mantienen durante largo tiempo.

#### **2.1.14.3. Conservación de Frutos Procesados.**

Los frutos de las cactáceas presentan un gran potencial como materia prima a nivel mundial, como la extracción de colorantes, mucílago para su uso como fibra dietética o agente espesante en alimentos, extracción de pectina de la cáscara o como alimento de gran valor nutricional (Esquivel, 2004).

En la actualidad, las cactáceas son de suma importancia económica, en México, ya se han desarrollado, a nivel de planta piloto, las técnicas adecuadas para el aprovechamiento integral de los frutos, como es el de la tuna cardona, donde se obtiene de la cáscara, la pulpa, jugos y jaleas para su comercialización como productos enlatados, tanto fermentadas como destiladas (Bravo, 1991).

Existen trabajos de investigación buscando alternativas para conservar los frutos de pitahaya, como los realizados por la Selección de Alimentos de Facultad de Ingeniería, de la Universidad del Valle de Colombia, en asociación con ingenieros franceses, pero estos se encuentran en fase experimental:

- 1) Tecnología enzimática, donde se agregan enzimas al fruto para remover sus moléculas y facilitar la extracción de jugo y el proceso de pelado; a escala mundial, 40% de los jugos transformados se obtienen a través de esta tecnología.

2) Tratamientos por membranas, microfiltración tangencial y evaporación osmótica, el 74% de los jugos procesados son hechos a base de concentrados.

3) Deshidratación osmótica, cristalización de los frutos a través de baños de solución de azúcar, el agua del fruto sale y es remplazada por el azúcar.

4) Fritura, este programa consiste en sumergir el fruto cortada en trozos delgados en un baño de grasa o aceite al vacío a temperatura de 120 a 130° C, de lo que resulta una hojuela. Este proceso se ha logrado con gran éxito en los casos del mango, piña, banano y pitahaya. Los resultados de estas investigaciones muestran grandes ventajas para el futuro de los frutos tropicales en el mercado mundial. También existe el tratamiento de inmersión, el cual permite que los frutos lleguen a su destino en forma de puré ([http://www.orisa.org.sv/Publicaciones/VIFENEX/Di051001/Fitosanidad\\_Pitahaya.htm](http://www.orisa.org.sv/Publicaciones/VIFENEX/Di051001/Fitosanidad_Pitahaya.htm), 1999).

#### **2.1.14.4. Conservas a base del fruto de pitahaya.**

Macossay en el 2001, inició con la producción en pequeña escala de mermelada de pitahaya, como una opción que pueda generar más empleo y un mayor ingreso a los miembros de la comunidad en Dzydzantún, Yucatán. Se perfecciono la técnica para su procesamiento, para promoverla localmente y a nivel regional.

Lacayo *et al.*, en el 2005, realizaron pruebas experimentales con productos como pulpa, mermelada, jalea, trozos de fruto en almíbar, jugo, dulce a base de cáscara de pitahaya. Uno de los principales problemas al procesar el fruto fue la gelificación de los productos en el tiempo, lo que afecta la calidad final, en un período de 4 meses no se han alterado las características organolépticas iniciales en cuanto a concentración de sólidos solubles, Acidez titulable, pH, entre otros.

Los mismos autores citados proponen el congelamiento de la pulpa, donde obtuvo un 65% de rendimiento a partir del fruto fresca; durante el proceso de pasteurización del producto, encontró que no presentaba cambios significativos en el color del producto, mismo que se almacenó durante 30 días sin presentar alteraciones microbiológicas y sensoriales.

En la elaboración de vino o licor de fruto de pitahaya, se aplicó un proceso de fermentación de aproximadamente 15 días, presentando una concentración alcohólica

de 14%, el producto final desarrolló aromas y sabor fuerte al fruto, dando una característica importante al producto.

La elaboración experimental de pulpa deshidratada, presentó un rendimiento entre 10 a 12%, al momento de elaborar jugo a base de la pulpa deshidratada, no presentando cambios en el sabor original, siendo una alternativa para la elaboración de productos procesados de larga vida útil.

Cabe mencionar, que la información sobre los ensayos de las tecnologías utilizadas para la conservación de la pitahaya por los autores antes citados, no hace mención a las formulaciones empleadas.

Lo cual es una limitante para futuros trabajos, por lo tanto se deben considerar textos relacionados para el procesamiento de diversos frutos, así como aquellas que han sido utilizadas para frutos de cactáceas que presentan similitudes en cuanto a su calidad nutricional como es el caso del Xoconostle, tuna y pitaya.

#### **2.1.14.5. Elaboración de conservas de diversos frutos.**

Una alternativa que ha cobrado importancia para la conservación de frutos es el de la elaboración de mermeladas, Coronado e Hilario, 2002 describen las etapas a seguir en la elaboración de mermeladas para pequeñas y micro empresas agroindustriales y recomiendan que es importante para la elaboración de ésta tener en cuenta un balance óptimo entre el nivel de azúcar, la cantidad de pectina y la acidez.

De la Mora, 2001 logró obtener una formulación óptima tipo de mermelada de fresa resistente a temperatura de horneado, lo que beneficia la calidad de las galletas de este tipo, obteniendo a su vez una mejor aceptación por parte del consumidor.

La Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO) en el 2008, propone Tecnologías Domésticas para la Conservación de frutos y verduras, como Mermelada de tuna, piña, naranja, etc., Ate de pera y frutos, y Deshidratado de papaya y tomate, entre otras (<http://www.profeco.gob.mx/tecnologias/conserva/conserva.asp>) y aunado a la Normatividad vigente en esta materia para mermelada de fresa, ciruela, piña, (NMX-F-131-1982, NMX-F-134-1968, NMX-F-127-1982).

Sáenz *et al.*, en el 2006, publican un libro llamado, Utilización Agroindustrial del Nopal, donde hace referencia a las tecnologías empleadas para la conservación del nopal,

tuna, etc. como son la mermelada, láminas deshidratadas, pulpas congeladas, néctares, jugos, confitados, harinas, salmueras y escabeches.

El trabajo realizado por Fildardo *et al.*, en el 2006, mencionan una alternativa de aprovechamiento del fruto del Xoconostle, al ofrecer un producto estable como la mermelada. Aunado a esto, realizaron un análisis sensorial del producto obteniendo buena aceptación ante la población.

González, 2006 desarrollo y aplico un proceso tecnológico para la elaboración de dos conservas (ate y mermelada) a base de pitaya, se obtuvieron productos con las características sensoriales, fisicoquímicas (pH, porcentaje de sólidos solubles) y microbiológicas características de este tipo de conservas.

González y sus colaboradores (2006), elaboraron Jaleas y Mermeladas a base de 5 especies de Tuna, obteniendo como resultado que cuatro de las especies presentan características idóneas para ser utilizadas en la industria de la confitería como base para la elaboración de mermeladas con diferentes sabores por la ausencia de olores y sabores típicos. La estabilidad de cada una de las muestras no presento variación significativa, lo que indica que la matriz del gel formado es estable aun sometiéndola a altas temperaturas de almacenamiento. *Opuntia joconostle* presenta características sui géneris que pueden aprovecharse para su uso a nivel industrial, ya que es el que presentó las características químicas óptimas para elaborar este tipo de producto.

Las tecnologías empleadas para la elaboración de conservas, nos proporcionan alternativas para la elaboración productos con una alta calidad nutricional e inocuidad, para darles un manejo integral a los frutos de temporada y lograr beneficios económicos para los productores.

## **2.2. Tecnología de las Conservas.**

### **2.2.1. Definición de Conserva.**

Las conservas son productos que se mantienen durante largo tiempo contenidos en recipientes (de metal, vidrio o material flexible) herméticamente cerrados. Existen variaciones de esta definición en los casos de utilizar envolturas de celulosa y eventualmente materiales termoplásticos.

Generalmente, la capacidad de conservación se logra mediante tratamiento térmico,

cuya acción consiste en reducir, destruir o frenar el notable desarrollo de los microorganismos presentes en las materias primas conservadas, con lo que se evita la descomposición de estas últimas (Sielaff, 2000).

Con ayuda de la energía calorífica se eliminan tanto los gérmenes patógenos y toxigénicos, como los responsables de la putrefacción. Con este método se asegura la protección del consumidor frente a trastornos de salud, pero a la vez tiene un carácter económico, al evitar pérdidas de productos. El método utilizado debe asegurar asimismo la inactivación de las enzimas y el mantenimiento de las cualidades de la materia a conservar. Por lo tanto, para alcanzar la deseada capacidad de conservación resultan determinantes la temperatura utilizada y el tiempo de actuación de esta (Sielaff, 2000).

### **2.2.2. Clasificación de las Conservas.**

Por lo general las conservas se clasifican en: semiconservas, conservas  $\frac{3}{4}$ , conservas completas y conservas tropicales. También existen las conservas de caldera y las conservas estables a la estantería (Shelf Stable Products, SSP). Las semiconservas se someten a temperaturas comprendidas entre 65° C y 99° C, también en las conservas de caldera y en las conservas SSP se aplican temperaturas inferiores a 100° C. En las segundas las esporas remanentes de los géneros *Bacillus* y *Clostridium* no pueden germinar, debido a los bajos valores de aw y pH. En las demás conservas, de acuerdo con la clase de calentamiento y el tipo de recipiente se practican tratamientos térmicos a temperaturas generalmente entre 100° C y 130° C (Sielaff, 2000). En el Cuadro 7, se muestran las condiciones en que se destruyen los gérmenes y la capacidad de conservación resultante.



**Cuadro 7.** Condiciones en que se destruyen los gérmenes y la capacidad de conservación resultante

Nombre	Temperatura actuante y valor F	Acción sobre los microorganismos	Capacidad de conservación pretendida
Semiconservas	65-69° C F ≤ 0.1 o P = 2-8	Mueren los gérmenes vegetativos	6 meses por debajo de 5° C
Conservas de caldera	Por debajo de 100° C F = 0.4	Como en las semiconservas	1 año por debajo de 10° C
Conservas ¾	Por encima de 100° C F = 0.65-0.80	Como en semiconservas y destrucción de bacilo de especies mesofilas	6-12 meses por debajo de 15° C
Conservas completas conservas de pescado y leche esterilizada	110-113° C (en instalaciones UHT, hasta 140° C)  F = 3.0-8.0; con variaciones según bibliografía, por ejemplo: F = 2-4 min (espárragos, algunos productos de pescado), F = 11 min (espinacas), F = 13.9 min (guisantes y zanahorias)	Como en conservas ¾; también mueren las esporas del genero <i>Clostridium</i>	> 1 año hasta unos 4 años por debajo de 25° C
Conservas tropicales	121° C aprox. F = 16.0-20.0	Como en las conservas completas, también son destruidas las esporas de los gérmenes termófilos de los géneros <i>Bacillus</i> y <i>Clostridium</i>	1 año por debajo de 40° C
Productos estables de estantería (Shelf Stable Products)	Por debajo de los 100° C; valores a <sub>w</sub> y pH, así como adición de aditivos en combinación	Como en las semiconservas	1 año por debajo de 25° C

Las conservas completas recibían antiguamente los nombres de conservas estériles. Estériles en términos comerciales o conservas completamente estériles. Lo cierto es que no están completamente exentas de gérmenes, sin embargo, se consideran seguras y estables. Seguras significa que estas conservas no ocasionan intoxicaciones alimentarias, mientras que el término estable alude a que en el almacenamiento no son descompuestas por microorganismos.

A partir de posibles alteraciones de origen microbiano, la capacidad de conservación de estos productos se ve limitada por cambios sensoriales y por factores físico-químicos como la luz (cuando se utilizan determinados recipientes) y el oxígeno. Las temperaturas excesivamente altas durante el depósito pueden influir negativamente sobre la capacidad de conservación de los artículos (Sielaff, 2000), sin embargo, existen diversas tecnologías para el procesamiento de la conservación de los frutos, tales como las conservas en almíbar, dulces cristalizados, la mermelada, el ate y la deshidratación entre otros.

#### **2.2.2.1. Mermelada.**

Se define a la mermelada de frutas, como un producto de consistencia pastosa o gelatinosa, obtenida por cocción y concentración de frutos sanos, adecuadamente preparadas, con adición de edulcorantes, con o sin adición de agua. El fruto puede ir entera, en trozos, tiras o partículas finas y deben estar dispersas uniformemente en todo el producto (Coronado e Hilario, 2001).

La norma NOM-F-131-1982, clasifica en dos tipos de mermelada de acuerdo al tamaño del fruto con un solo grado de calidad.

Tipo I: Mermelada que contiene fruto entero o en trozos grandes.

Tipo II: Mermelada que contiene fruto desmenuzada o en forma de partículas finas.

La elaboración de una buena mermelada es un proceso complejo, que requiere de un óptimo balance entre el nivel de azúcar, la cantidad de pectina y la acidez.

El fruto debe ser fresco y con frecuencia se utiliza una mezcla de fruto maduro con fruto que recién ha iniciado su maduración y los resultados son bastante satisfactorios. El fruto demasiado maduro no resulta apropiada para preparar mermeladas, ya que no gelificara bien (Coronado e Hilario, 2001).

#### **2.2.2.2. Ate.**

El ate es una mezcla de pulpa de fruto, azúcar y pectina que se concentra hasta la formación de un gel estable, para esto es necesario llevarlo a una temperatura de ebullición durante 1-2 min y el cual se solidifica en el momento en el que se enfría el producto, además es una técnica sencilla y económica la cual la hace susceptible de ser un medio de conservación útil en cualquier sitio donde haya un excedente del fruto.

El ingrediente clave para su elaboración es la pectina, que confiere la capacidad de gelificación al producto final, por ello para su elaboración se refieren productos con un alto contenido de pectina (González ,2006).

#### **2.2.2.3 Deshidratado.**

La finalidad principal de la deshidratación de alimentos es alargar la vida comercial del producto final. El proceso reduce el contenido de humedad del producto hasta un nivel que limita el crecimiento microbiano así como las reacciones químicas.

Al reducir el contenido de agua se alarga la vida útil del alimento y el peso, el volumen disminuyen con lo que se ahorra en costos de transporte y almacenaje, se facilita el empleo del producto y permite desarrollar productos a partir de una materia prima. El secado con aire caliente es uno de los métodos más utilizados para la deshidratación de los frutos y los equipos más empleados son los secadores tipo plataforma, de bandejas y de túnel (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO por sus siglas en inglés, 2006).

Los procesos tecnológicos principales que se llevan a cabo en la elaboración de las conservas son: inspección y recepción de materias primas; calificación y selección; lavado; escaldado; mondado; concentración; envasado; etiquetado y venta.

#### **2.2.3. Procesos Tecnológicos para la Elaboración de Conservas.**

Las características de cada una de las etapas que se deben seguir son:

Inspección y recepción: operación que implica muestreo y realización de pruebas de aceptación.

Selección: para la elaboración de estos productos se deben escoger los frutos maduros, sin pudrición, que tengas buen color; no importando su tamaño, por lo que se separa los

frutos podridos.

Lavado: los frutos se deben lavar enteros para eliminar tierra, arena y residuos de productos antiparasitarios.

Escaldado (introducir el fruto en agua hirviendo): se efectúa para inactivar enzimas, eliminar el aire atrapado en los tejidos, fijar el color verde, reducir el número de microorganismos o facilitar el acomodo de los productos foliáceos en el envase (Badui, 1988).

Mondado (acondicionado): en esta etapa se eliminan las porciones del fruto no aptas para el proceso como la eliminación del epicarpio y/o semillas.

Concentración: proceso de eliminación de agua para disminuir el peso y el volumen de un alimento manteniendo una cierta cantidad de humedad; generalmente el producto concentrado tiene más de 20% de agua, mientras que el deshidratado tiene una cantidad menor. Se obtiene por evaporación, congelamiento y eliminación del hielo, osmosis inversa, ultrafiltración, electroósmosis y otros procesos. Esta etapa se puede dividir a su vez en: inicio de cocción, adicción de la pectina, adición del ácido y contaminación de la cocción.

Envasado o moldeado: es la operación de llenado del envase o del molde con el producto, se deja enfriar por 24 hrs.

Secado: el producto terminado se deja al equilibrio con el medio ambiente durante 20 hrs.

Etiquetado: es la operación de identificar al producto con su etiqueta respectiva, en donde previamente va impreso el nombre, marca, fabricante, entre otros.

Empacado o embalado: consiste en la colocación del producto envasado y etiquetado en cajas de cartón corrugado o cualquier otro material, con el fin de almacenamiento.

Almacenado y/o venta: es la operación del acomodamiento del producto en el local destinado al producto terminado para su observación. Dicho lugar debe estar limpio, ventilado, seco y con temperatura controlada (Sierra, 2001) y se debe considerar la normatividad vigente para los frutos procesados.

#### **2.2.4. Normas para Frutos Procesados.**

Con respecto a la calidad que deben presentar los productos envasados de cierre hermético y sometido a tratamiento térmico basados en la Norma Oficial Mexicana, NOM-130-SSA1-1995 que establece las especificaciones sanitarias microbiológicas (Cuadro, 8) para alimentos con pH < 4,6 y esterilizados comercialmente para mermeladas, purés, jaleas y ates que son:

**Cuadro 8.** Limite de unidades formadoras de colonias para mermeladas, purés, jaleas y ates.

MICROORGANISMO	LIMITE UFC/g
Mesofílicos aerobios	50
Coliformes totales	Menos de 10
Mohos y levaduras	Menos de 10

Por otra parte, las especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados NOM-051-SCFI-1994, cuyo objetivo es establecer la información comercial que debe contener el etiquetado de los alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados de fabricación nacional y extranjera, así como las características de dicha información.

#### **2.3. Área de Recolección.**

De acuerdo a la Secretaria de Gobernación (SEGOB) en el 2005, el municipio de Zapotitlán Salinas se localiza en la parte sureste del Estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 18° 07'18" y 18° 26'00" de latitud norte y los meridianos 97° 19' 24 y 97° 39'06" de longitud occidental. Sus colindancias son: al Norte con Tehuacán, al Sur con Caltepec, al Oriente con San Gabriel Chilac, San José Hiahuatlán y Altepexi y al Poniente con Atexcal y el Estado de Oaxaca.

#### **Extensión.**

Tiene una superficie de 484.77 kilómetros cuadrados, que lo ubican en el octavo lugar con respecto a los demás municipios del estado. Se caracteriza por la temperatura media anual de alrededor de 21°C, con una canícula bien definida a la mitad del período de lluvias y la precipitación media anual de 400 a 450 mm. Desde el punto de vista edáfico, en la mayor parte del área los suelos son someros, pedregosos y muestran

diferentes niveles de alcalinidad y salinidad, producto de la influencia de los diferentes substratos geológicos presentes en el sitio. Las principales unidades de suelo citadas para la región son: litosoles, cambisoles cálcicos y xerosoles cálcicos derivados de evaporitas del Cretácico Inferior y Medio, complementados con regosoles y fluvisoles calcáricos formados por materiales transportados, derivados de sedimentos aluviales (López *et. al.*, 2003; Oliveros, 2000).

### **Vegetación.**

El municipio presenta la mayor parte de su territorio cubierto por vegetación característica del clima seco. Destaca el mezquital o selva baja perennifolia con espinas laterales (con prevaecía de *Prosopis laevigata*); el matorral espinoso (con *Mimosa luisana*, *Acacia farnesiana*, *Cordia curassavica* y *Fouquieria formosa*); la tetechera (asociación con abundancia de *Neobuxbaumia tetetzo*), el cardonal (en el que destacan *Cephalocereus columna-trajani*); el izotal (matorral con *Yucca periculosa*); el chaparral o mexical (con *Brahea nitida* y *Euphorbia atisyphilitica*), la selva baja caducifolia (con *Myrtillocactus geometrizans*, *Bursera schlechtendalii* y *Bursera aptera*) (Oliveros, 2000; Osorio, *et. al.*, 1999; Valiente, *et. al.*, 2001).

Los pobladores de Zapotitlán tienen ocupaciones diversas, las cuales incluyen la agricultura, la recolección de leña y de algunas plantas medicinales, la artesanía de ónix, la extracción de sal, la albañilería y, en los últimos años, la prestación de mano de obra en la industria textil, la cual cuenta con cinco fábricas en el pueblo. Como en muchas otras partes de México, en los últimos años se ha incrementado la emigración de los hombres de Zapotitlán hacia los Estados Unidos.

Debido a las condiciones de desempleo, al rechazo de exportación del fruto fresco (E.U.) por considerarlo como hospedera de la Mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata*, a ser un fruto de temporada y al desconocimiento científico de la calidad nutricional, microbiológica e investigaciones para su aprovechamiento integral, es necesario probarse y aplicarse las diversas opciones de industrialización, pues son de vital importancia para el avance y consolidación de los proyectos de producción de pitahayas, toda vez que permiten ofertar varios productos, tener disponibilidad durante todo el año, mantener en operación los establecimientos agroindustriales y las empresas exportadoras y agregarle mayor valor al producto agrícola, lo que debe repercutir en mayores beneficios para los productores y mayor desarrollo para las zonas de cultivo.

### **3. Objetivos.**

#### **3.1. Objetivo General.**

Evaluar con base a los características fisicoquímicas y microbiológicas si el fruto de *Hylocereus undatus* (pitahaya) puede conservarse como alimentos procesados

Analizar las conservas elaboradas con base a características microbiológicas para el cumplimiento con lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas después de su envasado.

#### **3.2. Objetivos Particulares.**

Determinar las características fisicoquímicas de la pulpa *Hylocereus undatus* (pitahaya).

Determinar la calidad microbiológica del fruto *Hylocereus undatus* (pitahaya).

Desarrollar y seleccionar las formulaciones a base de la pulpa de *Hylocereus undatus* (pitahaya), y procedimientos para la elaboración de conservas (mermelada, ate y fruto deshidratado).

Determinar la aceptación del producto procesado por medio de una evaluación sensorial con jueces no entrenados.

## **4. Materiales y Métodos.**

### **4.1. Lugar de desarrollo.**

Este proyecto de investigación se realizó en la Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FESI). En las instalaciones del Laboratorio de Semillas y Bacteriología se llevó a cabo el análisis fisicoquímico y microbiológico de la pulpa, así como, el desarrollo y formulaciones de las conservas seleccionadas.

### **4.2. Materias primas.**

#### **Pitahaya.**

La pitahaya de la variedad de *Hylocereus undatus*, fue obtenida en el municipio de Zapotitlán de Salinas, Puebla, en los meses de agosto a septiembre del 2007. Se recolectaron de forma aleatoria en huertos familiares y procurando uniformidad en tamaño, forma, grado de maduración y color, libres de enfermedades, magulladuras y grietas. Llegando al laboratorio se realizó el despulpado manual separando la cáscara y almacenando la pulpa en congelación ( $0\pm 2$  °C), hasta el momento de su utilización para la elaboración de las conservas.

#### **Pectina**

Se utilizó pectina grado 250, adquirida en un comercio de materias primas de la Ciudad de México.

#### **Azúcar.**

Se adquirió azúcar estándar blanca de marca libre.

#### **Ácido Cítrico.**

Proveniente de la Farmacia Paris S.A de C.V. ®

### **4.3. Trabajo de Campo.**

#### **4.3.1. Recolección de los Frutos para el Análisis Microbiológico.**

Se recolectaron los frutos en forma aleatoria presentando uniformidad en tamaño (300-550 gr), forma (longitud 8 cm y diámetro 5 cm), grado de maduración (color al momento



del corte 90% rosado y 10% verde). Se utilizaron condiciones asépticas para la toma de la muestra. Se colocaron en bolsas estériles debidamente etiquetados con fecha, lugar, hora del muestreo, para su transportación y fueron conservados en una hielera hasta la llegada a la FESI, y sin exponerlos a la luz solar. Se almacenaron a una temperatura de 4 a 8°C sin que transcurrieran más de 18 hrs. (NOM -109-SSA1-1994).

#### **4.3.2. Recolección de los Frutos para el Análisis Físicoquímico.**

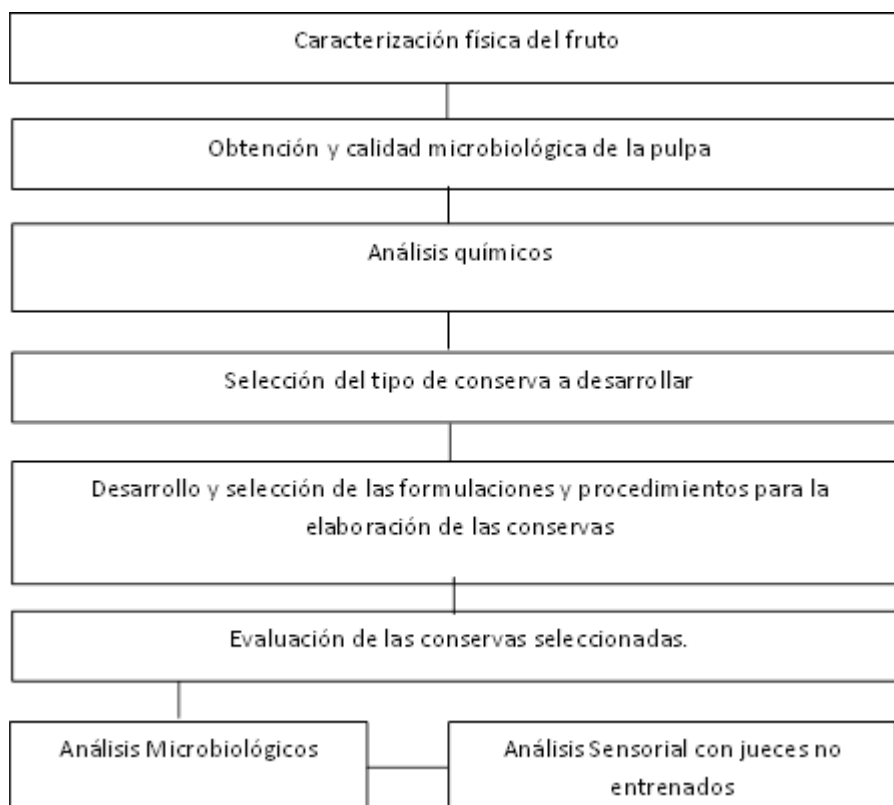
Los frutos fueron empacados en cajas de madera, los cuales contuvieron de ocho a doce frutos, además estuvieron completamente libres de plagas y enfermedades, así como de daños físicos. Los frutos contenidos en una misma caja tuvieron uniformidad en tamaño, forma y color.

#### **4.4. Métodos.**

##### **4.4.1. Programa General de Trabajo.**

El proyecto se dividió en seis etapas: a) Caracterización física del fruto; b) Obtención y calidad microbiológica de la pulpa; c) Análisis químicos; d) Selección del tipo de conserva a desarrollar; e) Desarrollo y selección de las formulaciones y procedimientos para la elaboración de las conservas y f) Evaluación de las conservas seleccionadas (Figura, 6).

**Figura 6.** Diagrama general de trabajo.



#### 4.4.1.1. Caracterización Física del fruto.

Los frutos fueron pesados con una balanza vernier (gr) y se les tomó el diámetro y longitud con un vernier (cm) y firmeza con un penetrometro (kg/cm).

#### 4.4.1.2. Análisis químico de la pulpa.

El análisis químico consistió en la determinación del porcentaje de sólidos solubles (°Brix) con un refractómetro, el pH con un potenciómetro (NMX-F-317-S-1978) y la firmeza por medio de un penetrómetro (kg/cm), Ácido Ascórbico, Acidez Titulable, Cenizas, Lípidos, Fibra, Humedad y Pectina por medio de lo descrito por Lees (1969), la cuantificación de carbohidratos se realizó por la técnica de Nelson-Somogyi y Determinación de Nitrógeno total por Micro Kjeldahl (González y Peñaloza, 2000).

#### **4.4.1.3. Calidad Microbiológica de la pulpa.**

Los frutos se lavaron con agua y jabón se sumergieron 15 min en agua destilada con cloro 100 ppm para su desinfección y se enjuagaron con agua destilada estéril y se despulparon de acuerdo a Tapia, *et al.* (2005).

Se pesaron 10 g de pulpa y se adiciono un volumen de 90 ml. de agua peptonada 0.1%, se maceró de 1 a 2 min hasta obtener una suspensión completa y homogénea, se dejó que las partículas más grandes se sedimentaron y se tomó 1 ml de las capas superiores de la suspensión, este se transfirió a un tubo de ensayo que contenía 9 ml de agua peptonada 0.1%, para obtener una dilución primaria ( $10^{-1}$ ), se mezcló cuidadosamente (NOM-110-SSA1-1994).

Esta solución primaria se utilizó para el análisis de Coliformes Totales por la técnica del número más probable, se inocularon tres tubos de ensayo que contenían una campana de fermentación con un medio de Caldo Lactosado con 0.1 ml, 1 ml y 10 ml de la solución primaria se incubaron a  $35 \pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 24 a 48 h, los tubos que resultaron positivos (presencia de una burbuja de aire en la campana de fermentación) se les realizó una prueba confirmativa la cual consistió en inocularlos en tubos que contenían Caldo Lactosa Bilis Verde Brillante con una campana de fermentación (NOM-112-SSA1-1994).

La cuenta de Mohos y Levaduras se inoculo 1 ml de muestra en un medio de Agar papa - dextrosa, acidificado a un pH 3.5 e incubado a una temperatura de  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , (NOM-111-SSA1-1994).

Finalmente, para la cuenta de bacterias mesofilicas aerobias en placa, se inoculo 1 ml de la solución primaria por duplicado en cajas petri que contenían Agar Tripton-Extracto de Levadura (agar para cuenta estándar), fueron incubadas a una temperatura de  $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante  $48 \pm 2$  h (NOM-092-SSA1-1994). Las diluciones de la muestras fueron utilizadas inmediatamente para inocular el medio de cultivo dentro de los 20 minutos posteriores a su preparación.

#### **4.4.1.4. Selección de las cantidades de materia prima y procedimientos para la elaboración de conservas (Mermelada, ate y deshidratado).**

Para la elaboración de la conserva se consideraron las cantidades utilizadas y los procedimientos empleados por diversos autores como:

González (2006) para la elaboración de mermelada y ate a base de pulpa de pitaya,

Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO) en el 2008 para diversas tecnologías domesticas (mermelada de tuna, piña, naranja, etc., ate de pera y frutas, deshidratado de papaya y tomate) y las Normas Oficiales Mexicanas para mermelada de fresa, ciruela, piña,

Sáenz *et al.*, (2006) para la conservación del nopal y tuna como mermelada, láminas deshidratadas, pulpas congeladas, néctares, jugos, confitados, harinas, salmueras y escabeches,

Coronado *et al.*, (2001) conforme a su manual para la elaboración de mermeladas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación,

FAO por sus siglas en ingles en el 2006 para el deshidratado de manzana con aire caliente,

También se consideraron los resultados obtenidos de las características fisicoquímicas de la pulpa (pectina, acidez, azúcares) y sus atributos sensoriales (color, sabor, aroma y textura).

#### **4.4.1.5. Diseño de los procedimientos y formulaciones para la mermelada y ate.**

Las variables que se consideraron para el desarrollo de los procedimientos y formulaciones fueron las siguientes:

- 1) Tipo de proceso,
- 2) Cantidad de azúcar con respecto al de la pulpa,
- 3) Cantidad de agente gelificante,

Se diseñaron 3 procedimientos para la elaboración de la mermelada y 2 para el ate (Procesos P1, P2, P3, P4 y P5) [Ver anexo I], los cuales tenían como diferencias la

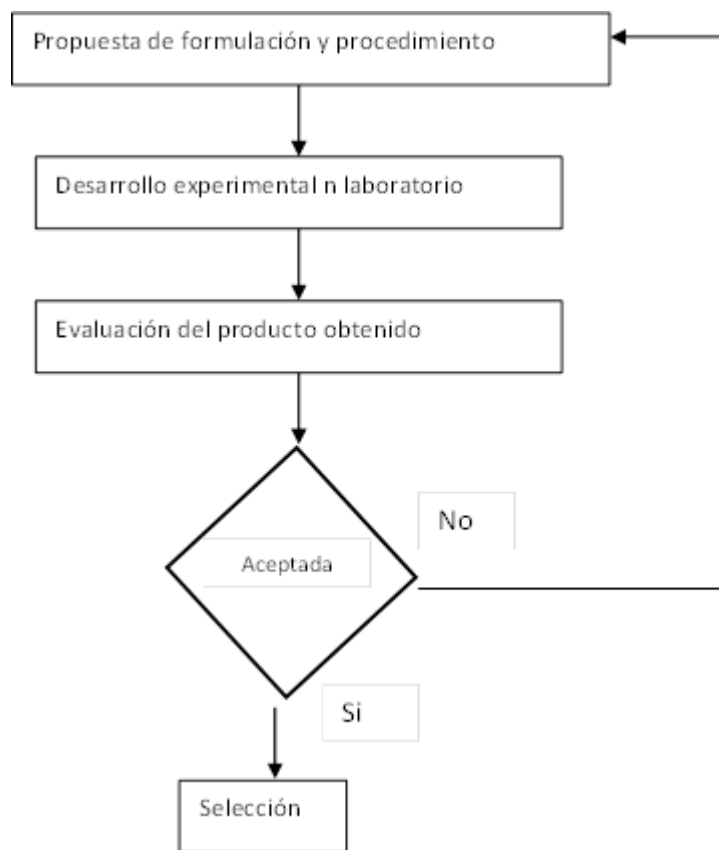
cantidad (g) de azúcar, agente gelificante y el orden en que se incorporaban a la conserva (Cuadro, 9).

**Cuadro 9.** Diferencias entre los procedimientos ensayados para la elaboración de mermelada y ate de pitahaya.

CONSERVA	MERMELADA			ATE	
	Proceso 1	Proceso 2	Proceso 3	Proceso 4	Proceso 5
<b>Ingredientes (gr.)</b>					
<b>Pulpa</b>	100	100	100	100	100
<b>Azúcar</b>	100	110	60	100	60
<b>Pectina</b>	0.2	0.4	0.6	5	10
<b>Ácido. cítrico</b>	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
<b>Colorante rojo</b>	trazas	Nada	trazas	trazas	trazas
<b>Momento de incorporación de la pectina, azúcar y ácido.</b>	Primero se incorpora el ácido cítrico luego el azúcar y la pectina	El azúcar y al último el ácido cítrico.	Primero el ácido cítrico, se adiciona el jarabe (azúcar, agua y pectina, 55°Brix) y el resto de la azúcar.	(Baño María) Primero el ácido cítrico, la pectina y por último el azúcar, se esteriliza a 105°C por 15 min.	Se empleó el mismo orden de los ingredientes del proceso anterior. Solo que se realizó una solución de agua y azúcar para disolver la pectina. Se esteriliza a 121 °C por 15 min.

Con respecto a las formulaciones que se presentan en el cuadro 9 y en la experiencia en el laboratorio se procedió a diseñar otras formulaciones para la mermelada con un total de 7 formulas utilizando el procedimiento 3 (P3) hasta obtener un producto con las características sensoriales y fisicoquímicas de las mermeladas. Las variables que se ajustaron fueron el contenido de azúcar:pectina por cada 100 gr. de pulpa (45.35:0.48 g, 46.80:0.152 g, 65.5:0.25 g, 65.5:0.625 g, 65.5:1.25 g, 65.5:1.8 g y 65.5:3.6 g). Los ajustes a la mermelada se realizaron mediante un proceso heurístico de mejoramiento iterativo (Figura, 7), en el caso del ate no fue necesario realizar ajustes en las 2 formulaciones iniciales.

**Figura 7.** Desarrollo de formulaciones para la elaboración de la mermelada.



**4.4.1.6. Procedimiento para la elaboración de mermelada:**

1. Pesado de las materias primas con base a la formulación: pulpa de pitahaya (100g), azúcar (65.5 g), pectina (1.8 g) y ácido cítrico (0.14 g).
2. Preparación del jarabe: se preparó calentando 30.5 ml de agua con el 26.71% del total del azúcar (17.5 g) hasta alcanzar una concentración de 55 °Brix. Luego se incorporó la pectina lentamente, agitando constantemente hasta su completa disolución.
3. Calentamiento y mezclado: la pulpa de pitahaya de calentó a ebullición agitando ocasionalmente. Sin suspender el calentamiento se incorporó el jarabe, el resto del azúcar (48 g) y el ácido cítrico (previamente disuelto en 10 ml de agua).
4. Concentrado: una vez incorporado todos los ingredientes se concentró hasta alcanzar los 67° Brix, agitando constantemente.

5. Envasado: Se envasó en recipientes de cristal previamente esterilizados, se dejaron enfriar al chorro de agua corriente, hasta la formación de vacío.

#### **4.4.1.7. Procedimiento para la elaboración del ate:**

1. Pesado de las materias primas con base a la formulación: pulpa de pitahaya (100 g), azúcar (60 g), pectina (10 g) y ácido cítrico (0.14 g).
2. Preparación del jarabe: se preparó disolviendo la mitad del azúcar (30g) en 100 ml de agua. Luego se incorporó la pectina lentamente, agitando constantemente hasta su completa disolución.
3. Calentamiento y mezclado: la pulpa de pitahaya se calentó a ebullición agitando continuamente hasta reducir el volumen. Sin suspender el calentamiento se incorporó el jarabe hasta incorporar bien los ingredientes y el resto del azúcar (30g) y el ácido cítrico (previamente disuelto en 10 ml de agua).
4. Concentrado: una vez incorporado todos los ingredientes se concentró hasta alcanzar los 76° Brix, agitando constantemente.
5. Esterilización: Se colocó en un recipiente de cristal hondo, llenándolo con el concentrado (1/4 parte), se tapó con papel aluminio y se esterilizó a una temperatura de 121°C por 15 min.
6. Envasado: Se envasó en un recipiente de cristal amplio previamente esterilizados, se vierte dejando aproximadamente 1 cm de espacio dejaron enfriar a temperatura ambiente.

#### **4.4.1.8. Procedimiento para la elaboración del Deshidratado.**

Para la elaboración del fruto deshidratado natural se realizó de la siguiente forma:

Selección del fruto (no presentar golpes, grietas, presencia de patógenos, firmes al palpar con toda la epidermis de color rosa mexicano), lavado y desinfectado del fruto 15 min en agua con cloro 100 ppm, se prosiguió a separar el epicarpio del mesocarpio, se rebano el mesocarpio con 1 cm de grosor, sumergiéndolo en una solución de 2% de ácido cítrico evitando su oxidación durante 15 min, se eliminó el exceso de agua usando un colador, las rebanadas fueron colocadas un bastidor y se procuró que cada rebanada se encontrara separada con el resto para que la circulación del aire caliente

sea la correcta, se introdujo en la maquina deshidratadora a una temperatura aproximada de 65° C por 12 h, haciendo revisiones constantes hasta su deshidratación.

Para el fruto deshidratado adicionado con azúcar o chile, se utilizo el mismo procedimiento descrito para el deshidratado natural, solo se hizo una variación en la formulación que fue la incorporación de azúcar o chile (50 g) en la solución del 2% de ácido cítrico y se dejó el mismo tiempo de reposo (15 min).

#### **4.4.1.9. Evaluación de las Conservas.**

La evaluación de la formulación seleccionada para la mermelada y ate consistió en hacerles una caracterización parcial, un análisis microbiológico y una evaluación sensorial con jueces no entrenados.

Para la determinación de la caracterización parcial se determinó el pH y sólidos solubles. Para el pH se utilizaron tiras de papel indicador. Para la determinación de los sólidos solubles totales se empleó un refractómetro, la lectura se hizo inmediatamente después de preparar la conserva.

El análisis microbiológico de las conservas (mermelada, ate y deshidratado) consistió en cuantificar los grupos microbianos de conformidad con la Norma Oficial Mexicana (NOM) para este tipo de productos (NOM-130-SSA1-1995) y con los métodos establecidos por las NOM's que son los siguientes:

NOM-111-SSA1-1994. Método para la cuenta de Mohos y Levaduras en alimentos,

NOM-092-SSA1-1994 Método para la cuenta de Bacterias Mesófilicas Aerobias en alimentos,

NOM-112-SSA1-1994. Método microbiológico para estimar el Número de Coliformes Totales presentes en productos alimenticios.

Se realizo una prueba de nivel de agrado basada en lo propuesto por Filardo, *et al.*, (2006) y González (2006) utilizando una escala hedónica verbal de cinco puntos, con 10 jueces al azar y no entrenados de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.



#### 4.5. Análisis de Resultados.

Los resultados reportados en el análisis químico de la pulpa son los promedios de los triplicados y del análisis físico es el promedio de 20 frutos.

Se seleccionaron a 10 personas de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala Universidad Nacional Autónoma de México tomadas al azar en un rango de edad comprendido entre los 20 a 57 años que no tienen contacto con las pruebas, ni trabajan con alimentos como investigadores o empleados de fábricas procesadoras de alimentos, ni han efectuado evaluaciones sensoriales periódicas.

En el caso de evaluación sensorial del nivel de agrado, se determinó el porcentaje de personas que lo calificaron positivamente, adecuado y negativamente haciendo su respectiva representación.

### 5. Resultados

#### 5.1. Características Físicas del fruto de *Hylocereus undatus* (pitahaya).

Las características físicas colectadas en Zapotitlán de las Salinas se describen en el Cuadro, 10 donde se muestran los promedios obtenidos de 20 frutos.

**Cuadro 10.** Características físicas del fruto de *Hylocereus undatus* (pitahaya) colectados en Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Promedio de 20 frutos.

ELEMENTO	CANTIDAD
Peso (gr.)	397.6 ± 93.3
Diámetro (cm.)	7.5 ± 0.6
Longitud (cm.)	12.5 ± 1.2
Firmeza (kg/cm)	2.2 ± 0.5

## 5.2. Análisis Químico de la pulpa de *Hylocereus undatus* (pitahaya).

Del análisis químico en el Cuadro 11 se muestran los siguientes resultados que son los promedios de los triplicados, por cada 100 gr. de pulpa.

**Cuadro 11.** Características químicas de la pulpa de *Hylocereus undatus* (pitahaya) colectados en Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Promedio de los triplicados.

ELEMENTO	CANTIDAD
SST (°Brix)	8.6 ± 1.2
Ácido cítrico (g ml <sup>-1</sup> )	0.36 ± 0.2
Fibra (g)	1.5 ± 1.1
Humedad (%)	80 ± 10
Lípidos totales (%)	0.40 ± 0.05
Pectina (g)	0.68 ± 0.6
Proteína (g)	0.5 ± 0.07
Carbohidratos (g)	8.9 ± 0.7
pH	4.2 ± 0.2
Cenizas (g)	0.64 ± 0.2
Ácido ascórbico (mg)	8 ± 0.4

## 5.2. Calidad Microbiológica de la pulpa de *Hylocereus undatus* (pitahaya).

No se encontró crecimiento de Bacterias Mesofílicas Aerobias (límite UFC/g es de 0-50), Coliformes Totales (límite UFC/g menos de 10) y Hongos y levaduras (límite UFC/g menos de 10) en la pulpa, por lo que se favorece y se facilita el manejo de los frutos, como materia prima en diferentes procesos para su conservación.

## 5.4. Diseño de los procedimientos y formulaciones para la mermelada y ate.

Se consideraron los atributos finales de cada una de los procedimientos y formulaciones utilizados en la elaboración de la mermelada y ate que fueron: el sabor, el color y la consistencia (Cuadro, 12).

**Cuadro 12.** Resultados de atributos sensoriales, físicos y químicos obtenidos después de aplicar los procesos 1, 2, 3, 4 y 5 a la pulpa de pitahaya

<b>Conserva</b>	<b>Mermelada</b>			<b>Ate</b>	
<b>Atributo</b>	Proceso 1 (P1)	Proceso 2 (P2)	Proceso 3 (P3)	Proceso 4 (P4)	Proceso 5 (P5)
<b>Color</b>	Rojo opaco	Blanco quemado	Rojo intenso	Rojo intenso	Rojo Intenso
<b>Sabor</b>	Dulce	Dulce	Agridulce	Dulce	Agridulce
<b>Consistencia</b>	Viscosa	Dura	Chiclosa	Dura	Dura
<b>pH</b>	4	3	4	4	4
<b>Sólidos Solubles (°Brix)</b>	40	70	67	70	76

### **Sabor**

Después de los ensayos preliminares para los cinco procedimientos empleados se pudo observar que para la P1, P2 y P4 presentaban un sabor dulce. Por otra parte, para el P3 y P5 al momento de degustarlo dejaba una sensación agridulce.

### **Color**

Para proporcionar color se utilizó un colorante artificial (rojo 17) para los procedimientos P1, P3, P4 y P5, para el P2 no se adicione colorante debido a que se trató de mantener el color característico del fruto (Blanco) sin embargo, con la incorporación del azúcar al momento de calentar se oscureció dando un color caramelizado.

### **Consistencia**

Esta basada en la formación de un gel, cuyos principios deben ser satisfechos para la mezcla de azúcar, pectina y ácido, con objeto de lograr la formación de una red de fibras en todo el cuerpo de la mermelada y ate y que esta estructura sea capaz de sostener a los líquidos. El proceso requiere de controlar principalmente el contenido de sólidos solubles totales (SST), la acidez y el pH.

La consistencia para el procedimiento P1 obtuvo SST de 40 °Brix y un pH de 4, no se logró una consistencia adecuada debido a que la cantidad de pectina no logró gelificar el azúcar teniendo una apariencia viscosa, para P2 y P4 presentando una cantidad de SST en ambos procedimientos de 70 °Brix, la P2 tuvo un pH de 3 y la P4 obtuvo un pH

de 4, la mermelada y ate se cristalizaron, debido a que el contenido de azúcar fue mas alto y esto afecta la capacidad de gelificación de la pectina disminuyendo la actividad del agua mostrando un aspecto duro, en la mermelada la cristalización fue superficial formándose una costra gruesa que dada un aspecto indeseable. Para el P3 los SST fueron de 67°Brix y un pH de 4, formando un gel con una consistencia suave y no sufría de cambios al momento de almacenarla, la P5 obtuvo SST de 76°Brix y un pH de 4, presento una consistencia característica del ate.

Por lo tanto, después de experimentar con estos cinco procesos y analizar los resultados se seleccionó los procedimientos 3 y 5 ya que permitió obtener una conserva con mejores características sensoriales. Sin embargo fue necesario hacerle adecuaciones para mejorar la consistencia. Por ejemplo, el jarabe (agua y azúcar) con la pectina se incorporó inmediatamente después de que iniciaba la ebullición de la pulpa. Además, para favorecer la formación de un gel rígido y estable fue importante mantener un pH bajo (por debajo de 3.5) por lo que se agregó el ácido cítrico al final para evitar su degradación. El ácido que se añadió, ayudo a hidrolizar parte del azúcar que se incorporó formando el azúcar invertido, lo que previno la cristalización de la sacarosa en el gel de la pectina durante su almacenamiento.

## 5.5. Formulación final de las conservas

### 5.5.1. Mermelada y Ate

Tomando como base el procedimiento 3 se ajusto la formulación de la mermelada (azúcar y pectina) y el procedimiento 5 para el ate sin modificaciones en la formulación, que se presentan en el Cuadro 13.

**Cuadro 13.** Cantidades utilizadas para la elaboración de mermelada y ate a base de pulpa de *Hylocereus undatus* (pitahaya).

Materia Prima	Mermelada	Ate
	Cantidad (g)	Cantidad (g)
Pulpa de pitahaya	100	100
Azúcar	65.5	60
Pectina	1.8	10
Ácido cítrico	0.14	0.14
Colorante (rojo 17)	Trazas	trazas

Como parámetros de calidad final a la mermelada y ate se les midió el pH y los sólidos solubles totales (°Brix). Los sólidos solubles totales que alcanzó la mermelada fueron de 67° Brix y para el ate fue de 76° Brix, en cuanto al pH el valor promedio de la mermelada y ate fueron de 4.

### 5.5.2. Deshidratado.

En el cuadro 14 se describen los resultados obtenidos de los deshidratados con diferentes formulaciones.

**Cuadro 14.** Resultados obtenidos en el deshidratado de pitahaya.

	<b>Nada</b>	<b>Azúcar</b>	<b>Chile</b>
<b>Fruto (peso en fresco)</b>	276.85 g	242.8 g	227.8 g
<b>Rodajas de pitahaya</b>	7	8	6
<b>Peso seco</b>	27.7	24.3	22.8
<b>Consistencia</b>	suave	suave	suave
<b>Sabor</b>	Insípido	Dulce	Agridulce

### 5.6. Calidad microbiológica de las conservas (mermelada, ate y deshidratado)

En los resultados obtenidos no se encontró crecimiento de microorganismos en las conservas dando cumplimiento a la Norma Oficial Mexicana (NOM-130-SSA1-1995) para este tipo de producto (Cuadro, 15).

**Cuadro 15.** Especificaciones sanitarias para conservas envasadas NOM-130-SSA1-1995 (Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometido a tratamiento térmico. Disposiciones y especificaciones sanitarias).

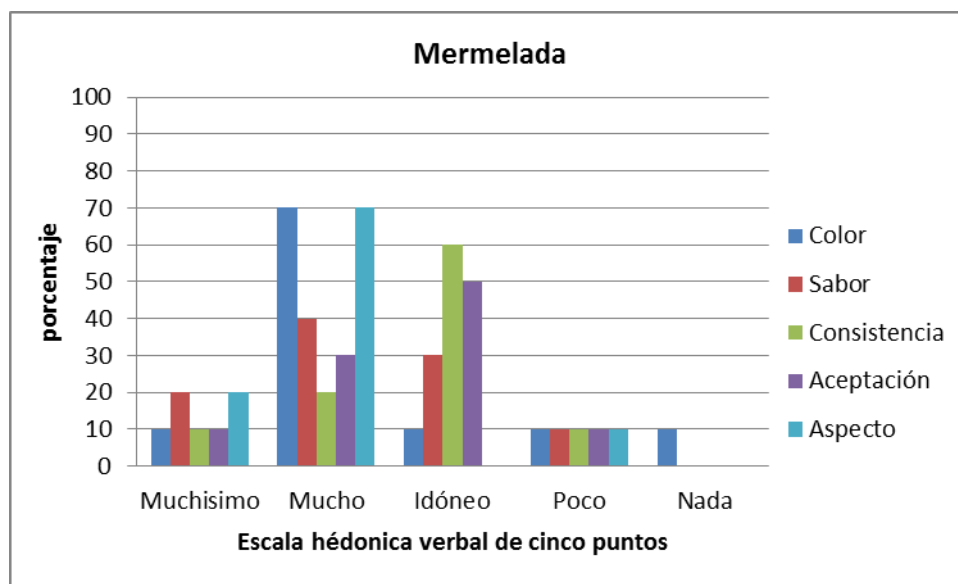
<b>MICROORGANISMOS</b>	<b>LIMITE UFC/g</b>
<b>Mesofílicos aerobios</b>	50
<b>Coniformes Totales</b>	Menos de 10
<b>Mohos y Levaduras</b>	Menos de 10

### 5.7. Evaluación Sensorial

Finalmente las conservas elaboradas fueron sometidas a una evaluación sensorial para determinar la aceptación del producto.

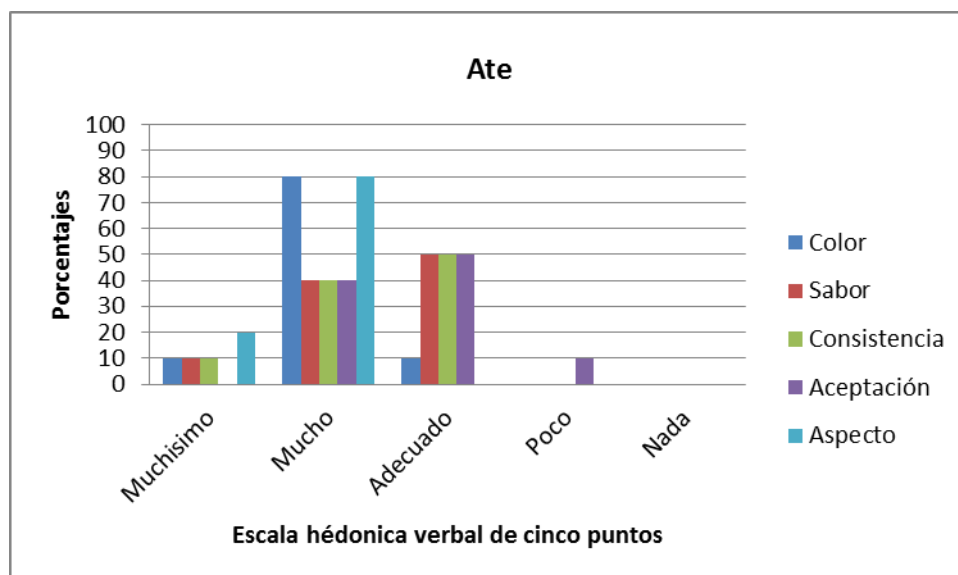
La mermelada tuvo el 50 % de aceptación entre los jueces y el 10 % agrado poco. Con respecto a la consistencia idónea para el 60 % de los jueces y el 10 % les agrado poco. Por otra parte, solo el 40 % les gusto muchísimo el sabor y el 10 % les gusto poco, el color les gusto mucho a un 70 % de los jueces y solo el 10 % les gusto poco, finalmente el aspecto de la mermelada le gusto machísimo al 70 % de los jueces y al 10% les gusto poco como se muestra en la Figura 8, (Anexo II).

**Figura 8.** Grado de aceptación de la mermelada. Evaluación sensorial con una escala hedónica verbal de cinco puntos realizada al azar con 10 jueces no entrenados de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.



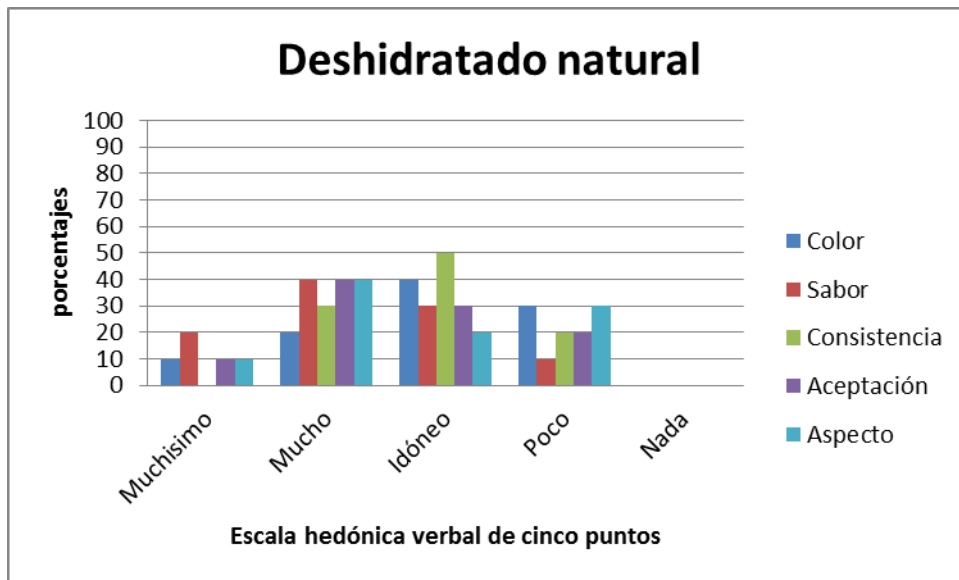
El ate tuvo el 50 % de aceptación entre los jueces y el 10 % les agrado poco. Con respecto a la consistencia el 50 % de los jueces la encontraron idónea y el 10 % les gusto poco. Por otra parte, el sabor fue idóneo para el 50 % de los jueces y el 10 % les gusto poco, el sabor el 50 % lo encontró idóneo y el 10 % les gusto muchísimo, el color les gusto mucho al 80 % y el 10 % les pareció idóneo, finalmente el aspecto del ate le gusto mucho al 80 % y al 20% les gusto muchísimo como se muestra en la Figura 9, (Anexos II).

**Figura 9.** Grado de aceptación del ate. Evaluación sensorial con una escala hedónica verbal de cinco puntos realizada al azar con 10 jueces no entrenados de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.



El deshidratado natural tuvo el 40% de aceptación entre los jueces y al 20% les gusto poco. Con respecto a la consistencia para el 50% lo encontraron idóneo y el 20% les gusto poco. Por otra parte, el sabor les gusto muchísimo al 40% de los jueces y al 10% les agrado poco, el color presento un grado de aceptación del 40% y solo al 10% no les agrado, finalmente el aspecto del deshidratado natural tuvo un grado de aceptación del 40 % y al 30% les pareció poco agradable como se muestra en la Figura 10, (ver anexo II).

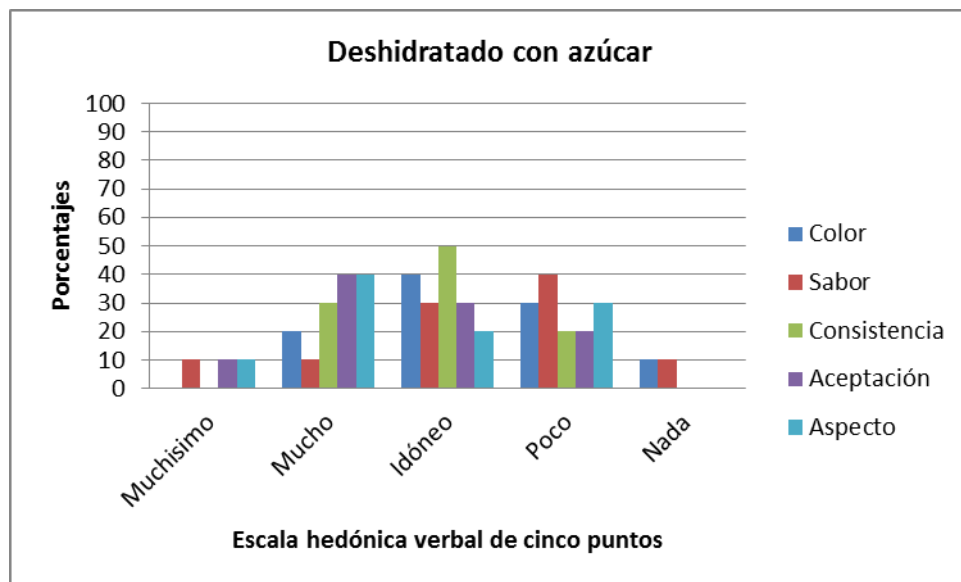
**Figura 10.** Grado de aceptación del deshidratado natural. Evaluación sensorial con una escala hedónica verbal de cinco puntos realizada al azar con 10 jueces no entrenados de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.





El deshidratado con azúcar tuvo el 40% de aceptación entre los jueces y el 20% les gusto poco. Con respecto a la consistencia les pareció idónea al 50% de los jueces y el 20% les agrado poco. Por otra parte, el sabor al 30% de los jueces les pareció idónea y al 40% les gusto poco, el color al 40% lo consideró idóneo y solo al 10% les gusto poco, finalmente el aspecto del deshidratado con azúcar el 40% les gusto mucho y al 30% les gusto poco como se muestra en la Figura 11, (ver anexo II).

**Figura 11.** Grado de aceptación del deshidratado con azúcar. Evaluación sensorial con una escala hedónica verbal de cinco puntos realizada al azar con 10 jueces no entrenados de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.



El deshidratado con chile tuvo el 40% de aceptación entre los jueces y el 10 % les gusto poco. Con respecto a la consistencia al 40% de los jueces les gusto mucho, al 40% lo encontraron idóneo y el 10 % les gusto poco. Por otra parte, el sabor les pareció idóneo para el 60% de los jueces y el 10% les gusto poco, el color les pareció idóneo al 50% y al 40% les gusto poco, finalmente el aspecto del deshidratado con chile tuvo les pareció idónea al 50% de los jueces y al 10% les gusto poco como se muestra en la Figura 12, (ver anexo II).

**Figura 12.** Grado de aceptación del deshidratado con chile. Evaluación sensorial con una escala hedónica verbal de cinco puntos realizada al azar con 10 jueces no entrenados de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala



## 6. Discusión

### 6.1. Características físicas.

La diversidad biológica de *Hylocereus* es poca conocida, incluyendo los tipos cultivados en traspatios y en plantaciones recién iniciadas, en este trabajo se pudo observar que los veinte frutos de *Hylocereus undatus* (Haw.) Britt. & Rose colectados de huertos familiares de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, presentaron diferencias en el tamaño (11 a 16 cm de longitud y 6 a 8.71 cm de diámetro) y peso (250 a 625 gr), lo que pudiera estar indicando que existe una heterogeneidad del material genético de los frutos. Estos datos concuerdan con lo reportado por Castillo *et al.*, (2005) quienes estudiaron 5 genotipos de pitahaya cultivadas en huertos familiares de la Península de Yucatán, demostraron que difieren en características de flores, frutos y tallos. Por su parte López y Guido (1998) muestran que existen diferencias significativas en el número de brotes, dependiendo del material genético.

Las caracterizaciones de pitahaya han considerado principalmente variables del fruto, flor y tallo. Una alta diversidad genética en *Hylocereus* es sugerida por Ramírez (1999). Los resultados del presente trabajo en cuanto al tamaño y peso apoyan este supuesto.

La diversidad genética de los frutos se puede atribuir a diversos factores entre ellos las condiciones ambientales dado que se han reportado diferencias en la longitud de los cromosomas que pueden estar relacionadas a reestructuraciones de los genomas, las cuales después divergen en especiación al adaptarse a condiciones ambientales específicas (Grant 1989), por ejemplo Castillo *et al.*, (1996) mencionan que el boro (Bo) y el Zinc (Zn) inducen mayor número de frutos, pero el peso y el tamaño de los mismos se reduce; en contraste, el manganeso (Mn) aplicado foliarmente incrementa el peso, el diámetro y la longitud del fruto.

Por otra parte Grimaldo *et al.*, (2001) reportaron una falta de asociación entre las características del fruto con la longitud de los cromosomas, los autores consideran que se deba más al propio genotipo que a la similitud de los ambientes. En este contexto Barcenás *et al.*, (2002) demostraron que el tamaño, peso del fruto y °Brix, no se ven afectados por la aplicación de nitrógeno (N) fósforo (P) y potasio (K) y micronutrientes, no obstante se genera una mayor producción de brotes por planta por la aplicación de N y P, prevaleciendo las características genotípicas.

En este trabajo no podemos indicar si la diversidad en el tamaño y peso se debe al propio genotipo o a las condiciones ambientales.

Los promedios encontrados en los frutos de Zapotitlán de las Salinas, Puebla fueron de 397.6 g de peso, 7.45 cm de longitud y 12.55 cm de diámetro, estos valores son similares a lo reportado por otros autores como Castillo *et al.*, (2005) reportaron un peso del fruto de 338.44 g, con una diámetro de 7.66 cm y con una longitud de 9.26 cm a una temperatura de 26°C y con una precipitación anual de 1200 mm en el Estado de Quintana Roo; Encino *et al.*, 2011 presentaron un peso de 450 g, diámetro de 8.1 cm y longitud de 13.6 cm a una temperatura de 23.7°C y con una precipitación anual de 614.6 mm en el Estado de Sinaloa y Martínez (2011) obteniendo un peso de 338.44 g, diámetro de 7.76 cm y longitud de 9.26 cm a una temperatura de 34°C y con una precipitación anual de 200mm en el Estado de Morelos.

Por otra parte, una ventaja que presentan los frutos de Zapotitlán de las Salinas, Puebla es que cumplen con las especificaciones para la exportación a Japón (Citadas por Rodríguez, 2000; Lacayo *et al.*, 2005) como se muestra en el Cuadro 16.

**Cuadro 16.** Comparativo de los requisitos para la exportación de los frutos al mercado de Japón.

Parámetro	Rodríguez, 2000	Lacayo <i>et al.</i> , 2005		En este estudio promedios de 20 frutos
		Grupo I	Grupo II	
Peso (gr)	300-550	200-400	410-500	<b>397.6</b>
Longitud (cm)	8	-	-	<b>12.55</b>
Diámetro (cm)	5	6-8	9-14	<b>7.45</b>
Grado de madurez a la cosecha	80%	Verdes iniciando el cambio de coloración	Verdes iniciando el cambio de coloración	-
Color al momento del corte	90% verde y 10% rosado	30% verde a rosa	30% verde a rosa	-
Color al momento de llegada al mercado de exportación	90% rosa y 10% verde	50% verde a rosa	50% verde a rosa	-
°Brix	10-11	-	-	<b>8.58</b>

### Firmeza

La firmeza depende del estado de madurez. A medida que avanza la maduración se produce un descenso en la firmeza del fruto, según Cemagref (1988) citado en Badenes *et al.*, (1998), los valores de firmeza inferiores a 0.5 kg/cm<sup>2</sup> no permiten la conservación y manipulación del fruto al menos para el melocotón, el valor de firmeza para el fruto de pitahaya de Zapotitlán de las Salinas presento una firmeza superior (2.2

kg/cm<sup>2</sup>) con un epicarpio color rojo de 80% el cual se encuentra en el rango mencionado por Martínez (2011) de 2.4 a 0.3 kg/cm<sup>2</sup> durante su almacenamiento 1 a 3 semanas a 6°C con un epicarpio color rojo en un 70%; Centurión *et al.*, (1999) indicaron que el ablandamiento de la pulpa de pitahaya se relaciona con un incremento en la actividad de la enzima pectinmetilesterasa durante la maduración. Asimismo, Kader *et al.* (2002) citado en Encino *et al.*, (2011) señalaron que el ablandamiento de los frutos carnosos durante su madurez, se debe a la disolución de la lámina media de sus tejidos.

*Hylocereus spp.* recolectados en Tepoztlán Morelos, presenta valores de firmeza en un rango de 0.85 a 0.4 kg/cm<sup>2</sup> de diversos genotipos (Martínez, 2011); y frutos obtenidos de huertos familiares del Estado de Yucatán presentan valores de 1.3 a 0.62 kg/cm<sup>2</sup> a los 20 días y 31 días después de la antesis (Centurión *et al.*, 2008).

En todas las especies, la recolección de los frutos próxima a la madurez asegura un buen color, aspecto y mayor sabor a los frutos. Aquellas variedades que pierden poca firmeza durante el proceso de maduración permiten recolectar los frutos más próximos a la madurez y por lo tanto permiten recolectar frutos de mayor calidad (Badenes *et al.* 1998).

## **6.2. Análisis Químico de la pulpa de *Hylocereus undatus* (pitahaya).**

Los resultados obtenidos del análisis químico que se realizó a la pulpa de la pitahaya (Cuadro, 17), en lo general coincidieron con lo reportado en la literatura (Centurión-Yah *et al.*, 2008; Corrales, 2002; Rodríguez, 2000; Rodríguez, 2000; Rodríguez *et al.*, 1993).

**Cuadro 17.** Comparativo de la caracterización de los análisis químicos con otros autores, (Cada 100 gramos de pulpa).

ELEMENTO	En este estudio, 2007	Centurión-Yah <i>et al.</i> , 2008	Corrales, 2002	Rodríguez, 2000	Rodríguez <i>et al.</i> , 1993
SST (°Brix)	8.6 ± 1.2	4.6-9.5	10.6	10.6	-
Ácido cítrico (g ml <sup>-1</sup> )	0.36 ± 0.2	9.6 ac.malico	-	-	-
Fibra (g)	1.5 ± 1.1	-	1.2	1.2	0.3
Humedad (%)	80 ± 10	-	87.5	87.5	89.4
Lípidos totales (g)	0.40 ± 0.05	-	0.9	-	0.1
Pectina (g)	0.68 ± 0.6	-	-	-	-
Proteína (g)	0.5 ± 0.07	-	1.2	1.2	0.5
Carbohidratos (%)	8.9 ± 0.7	4.5-6.6	8.3	8.3	9.2
pH	4.2 ± 0.2	-	-	4.35	-
Cenizas (g)	0.64 ± 0.64	-	0.9	0.9	0.5
Ácido ascórbico (mg)	8 ± 0.4	14.7-9.6	0	0	25

### Carbohidratos

Como se muestra en el Cuadro 15 el contenido azúcares es de 8.9 % esta dentro del rango reportados por Corrales, 2002; Rodríguez, 2000; Rodríguez, 2000; Rodríguez *et al.*, 1993 que es de 8.3% a 9.2%. Centurión, *et al.*, (2008) reportaron un incremento de azúcares de 4.5% a 6.6% a los 31 días después de la antesis. La acumulación de azúcares durante la maduración de los frutos esta relaciona con una disminución en el contenido de almidón y mucilago de la pulpa acumulándose los azúcares (De la Barrera y Nobel, 2004)

Las pitahayas recolectadas en huertos familiares de Zapotitlán de las Salinas, presentan valores superiores a los de la fresa (7.7%), pero inferiores a los de la ciruela, frambuesa (11.1%) y el plátano (22.8%), (Cano *et al.*, 2005).

### **Sólidos Solubles Totales (SST)**

Los sólidos solubles totales representan el contenido de azúcares en los frutos, se expresan en °Brix. Cuanto mayor es la concentración de azúcar más alto es el °Brix (De la Mora *et al.*, 2001).

El contenido de sólidos solubles totales (SST) en la pulpa de pitahaya es variable, siendo el valor promedio de 4.6 a 12.6 °Brix, la pulpa de la pitahaya colectada en Zapotitlán de las Salinas fue de 8.58°Brix y se encuentra dentro de este rango. Martínez (2011) obtiene resultados similares (8.7°Brix.) los valores dependieron del genotipo y del sitio dentro del fruto, esto es, los valores de sólidos solubles disminuyen hacia la periferia del fruto. Los sólidos solubles del fruto de *H. undatus* de Zapotitlán de las Salinas, Puebla representan a todo el fruto, pues no se seccionó una área específica para su valoración.

Encino *et al.*, (2011) evaluaron el efecto post-cosecha en frutos cosechados con madurez completa, media e inicial y encontraron que los valores más altos fueron al momento del corte en frutos con madurez completa e intermedia (13.6 y 12.4 ° Brix) y 12 días después de almacenamiento, los SST disminuyeron de 1 a 2 unidades. El contenido de SST de los frutos de *H. undatus* trabajados en el presente estudio, se realizó después de aproximadamente siete días almacenándolos a 8°C, lo que parece haber influido en el valor los mismos, Vargas *et al.*, (2007) reporta para frutos con un 70% de su epicarpio rojo un rango de SST de 12.5 °Brix y después de 30 días almacenados presentaron 10.1 °Brix, esta disminución en el contenido de SST indica que el fruto continuó con sus procesos metabólicos durante la refrigeración.

También se ha encontrado que en *H. undatus* se incrementa el contenido de SST conforme avanzaron los días después del corte, de 9.8 a 12.9 días, esta respuesta puede atribuirse a la pérdida de agua por la alta transpiración del fruto, concentrándose mayor cantidad de SST (Arévalo y Ortiz, 2004).



### **Ácido Ascórbico.**

Otra variable, que se relaciona con la calidad de los frutos, es el ácido ascórbico (vitamina C), el contenido de este parámetro para la pulpa de *H. undatus* fue de 8 mg, valores similares a lo especificado para frutos con madurez completa con un color en el epicarpio de 75 a 100 % rojo presento 8.31 mg y después de 12 días de almacenamiento disminuyo a 7.43 mg con epicarpio color rojo morado (Enciso *et. al.*, 2011).

También es similar a lo reportado para otros frutos y hortalizas; alfalfa germinada 8.2 mg/100g y el plátano 8.7 mg/100g y es superior al pepino 2.8 mg/100g, Apio 3.1 mg/100g, espárrago 5.6 mg/100g, berenjena 2.2mg/100g, cereza 7mg/100g entre otros (USDA, 2004).

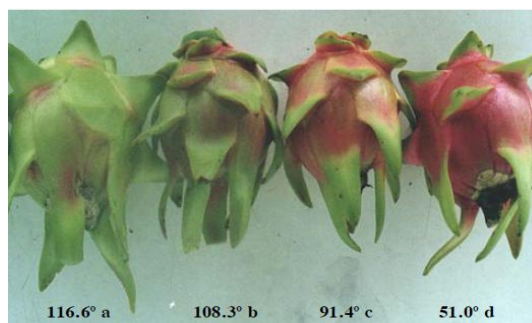
El promedio diario de ingesta de vitamina C se sugiere sea de 90 mg/día lo que significa que se tendría que consumir 1.125 kg de pitahaya que equivaldrían a 3 fruto aproximadamente de 300 g/día. Según Rodríguez *et al.* (2005), la disminución de los ácidos orgánicos en los frutos de pitahaya se debe a que son usados como sustrato en la respiración durante el almacenamiento.

Por otra parte Centurión-Yah *et al.*, (2008) reportaron para frutos inmaduros de pitahaya (20 días) un contenido de ácido ascórbico de 14.7 mg/100 g de pulpa con disminución de hasta 9.6 mg a los 31 días posterior a la antesis. Las diferencia en el contenido de Ácido Ascórbico puede deberse principalmente a dos condiciones; a) el ácido ascórbico es muy inestable en productos frescos y se degrada en ácido deshidroascórbico por acción de la enzima ascórbico oxidasa, mediante el empleo de un ión cobre como cofactor o por presencia de oxígeno (Badui, 1990); b) que el contenido cambia de acuerdo a la maduración del fruto, en la Figura 13, se puede observar el color del fruto de la pitahaya en relación al contenido de Ácido Ascórbico reportado por Centurión-Yah *et al.*, 2008 y en el fruto de pitahaya colectado en el presente trabajo es similar en color al fruto de 31 días. Por tanto el contenido del ácido ascórbico se ve afectado por la maduración del fruto ya que el color del fruto es un indicador de maduración (Davey *et al.*, 2000 citado por Cano *et al.*, 2005).

**Figura 13.** Fuente: Duarte. S. V. 2007, Frutos recolectado de Zapotitlan de Salinas, Puebla.



Fuente: Centurión Yah *et al.*, (2008) Cambios en color (ángulo de matiz) durante la maduración de frutos de pitahaya en la pulpa (de izquierda a derecha corresponde a frutos con 25, 27, 29 y 31 días después de la apertura floral). Medidas con distinta letra son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).



### Proteínas.

En el ser humano, la principal fuente de sustancias nitrogenadas son las proteínas de la dieta. Las proteínas dietarias deben proveer de aminoácidos necesarios para mantener el balance nitrogenado, la ingesta diaria de proteína recomendada es de 34-56 g/día, dependiendo de la edad y sexo, excepto en embarazadas y lactantes que es de 71 g/día, una alimentación pobre en proteínas es la causa de desnutrición (Cano, *et al.*, 2005).

Los alimentos ricos en proteínas son los de origen animal (carne, huevo, leche) y de origen vegetal (soja, cereales) (<http://med.unne.edu.ar/catedras/bioquimica/pdf/nitro.pdf>)

En el caso particular de los frutos el contenido de compuestos nitrogenados es muy bajo entre 0.1% y el 5% de los cuales las proteínas constituyen un 0.625 al 31.25%, por lo que no son consideradas importantes fuentes de proteínas (Villarino *et al.*, 2003).

El contenido de proteína encontrado para pitahaya (0.5g/100g), en este trabajo esta en el rango de lo reportado para los frutos y coincide con lo reportado por la SAGARPA (2009) y para pitahaya colombiana (Rodríguez, *et al.*, 1993).

Dentro de los frutos de cactáceas, la pitahaya tiene la menor concentración de proteína, por ejemplo la tuna Cardona con semilla (4.7g/100g), jiotilla (9.8 g/100g) y pitaya (8.98

g/100g) (Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán 1999 citado por González, 2006).

### **Fibra.**

La fibra es muy valiosa por su resultado hipercolesterolémico y por su efecto preventivo frente al cáncer de colón, la ingesta diaria de fibra recomendada oscila entre 25 y 30 g/día, dependiendo de la edad y sexo, excepto en los niños de 1 a 3 años que es de 19 g/día. Los componentes mayoritarios de la fibra son los polisacáridos, constan de dos fracciones (insoluble y soluble en fluidos intestinales o agua).

La fibra insoluble (celulosa, hemicelulosa y lignina) es escasamente fermentada y tiene un marcado efecto laxante y regulador intestinal, y la fibra soluble (pectinas, gomas, mucilagos) es fermentada en alta proporción y sus principales propiedades se relacionan con disminución de colesterol, glucosa en sangre y desarrollo de la flora intestinal (Cano *et al.*, 2005).

Es necesario para una ingesta cualitativamente óptima, utilizar diversos tipos de fibra y especialmente alimentos con alta proporción de fibra soluble. Los cereales tienen mayoritariamente fibra insoluble, mientras que en las leguminosas y frutos la proporción de fibra soluble es alta, con mayores efectos sistémicos y metabólicos preventivos de enfermedades (<http://www.alfa-editores.com/bebidas/jun-jul-04/FibraDietetica%20en>

20%Cereza.pdf)

Diversos autores reportan una cantidad de fibra en un rango de 0.3g/100g a 1.8g/100g en la pulpa de pitahaya (Encino, *et al.*, 2007; Miranda, *et al.*, 2009; Nazareno, *et al.*, 2011; Flores, 2011), lo obtenido en este trabajo se encuentra dentro de este rango (1.5g/100g). Con base en los estándares considerados para los valores de fibra, se considera que *H. undatus* es bajo en el contenido de este parámetro y no se considera una fuente de fibra. En frutos como el níspero (10.2), aguacate (6.7) y frambuesa (6.5) se observan valores altos de fibra, seguidos por el higo (3.6), pera (3.1) y Kiwi (3.0) (USDA, 2004).

### **Pectina.**

La pectina se encuentra principalmente en las paredes celulares y en los espacios intercelulares de los tejidos vegetales en forma de protopectina (Cheftel y Cheftel, 1976,

Fennema, 1976 citados por Valencia, 2001), la importancia de la pectina es su capacidad para formar geles y es el componente de mayor influencia en la firmeza del fruto.

La cantidad y calidad de pectina presente esta relacionada con su estado de madurez, los frutos verdes contienen la máxima cantidad de pectina; el fruto madura contiene menos (Coronado *et al.*, 2001).

Las cantidades de las diferentes sustancias pécticas en los frutos, puede variar de acuerdo con el fruto y su madurez, un fruto madura, pero firme contiene una alta proporción de protopectina insoluble. A medida que la maduración progresa, las células del fruto se adhieren menos fuertemente y los tejidos se reblandecen. Los cambios en la textura al madurar los frutos se ha atribuido a la acción de las enzimas pectinmetilesterasa y poligalacturonasa que degradan a la pectina haciéndola soluble y eliminado su capacidad de gelificación (Mercado *et al.*, 2005).

En la industria de las mermelas y jaleas son muy apreciadas los frutos ricos en pectina como las manzanas y las ciruelas rojas; otros frutos como chabacanos, fresas y ciruelas amarillas no son tan ricas en este elementos; con ellas se pueden hacer mermeladas pero no alcanzan la solidez de las primeras. Los duraznos y peras contienen muy poca pectina por lo que es necesario adicionar un agente gelificante comercial.

En este trabajo la cantidad de pectina presente en el fruto es de 0.68 g valor por debajo de lo encontrado por Valencia (2001) para la tuna blanca (9.78 g/100g), el cual sugiere que puede ser factible para la extracción a nivel industrial.

### **Humedad.**

El consumo de frutos es una principal fuente de agua que tiene el ser humano en su dieta, recordando que más de la tercera parte del cuerpo humano esta constituido por agua y, en general, una mayor actividad metabólica en un determinado tejido, implica mayor contenido de agua. Además desempeña un papel vital en el proceso digestivo y en la eliminación de desechos del organismo (Buss, *et al.*, 1987 citado en Cano, *et al.*, 2005).

Los frutos presentan un porcentaje de agua del 75% al 95% de su peso. La mayor parte del agua de las células de los frutos se encuentra en la vacuolas y disuelven los

azúcares, sales, ácidos orgánicos, pigmentos y vitaminas hidrosolubles (Ulloa, 2007). El fruto de pitahaya de Zapotitlán de la Salinas se encuentra en el citado rango (80%) y en comparación con la Chirimoya (79.4%), aguacate (73.3%), Higo (79.1%) su contenido es superior pero inferior a la fresa (91%), melón (89.8%) y papaya (88.8%).

### **Lípidos Totales.**

Las lípidos cumplen un importante papel nutricional proporcionando energía concentrada al organismo, aportan ácidos grasos esenciales para el crecimiento, reparan tejidos, participan en la síntesis de prostaglandinas y también son importantes vehículos en el organismo de compuestos liposolubles como vitamina A, así como de otros compuestos bioactivos como fitoestrógenos y carotenoides (Villarino, 2003).

La ingesta diaria de lípidos debería proporcionar entre 20% y el 30% de energía consumida cada día. El contenido de lípidos en los frutos suele ser inferior al 1% de su peso, el contenido de lípidos totales en la pitahaya es de 0.40 g y esta dentro de lo reportados por Corrales, (2000) para la pitahaya de Yucatán y Rodríguez *et al.*, (1993) para la pitahaya de Colombia (0.10 y 0.90 g).

El contenido de lípidos del fruto de pitahaya es superior al de la fresa, higo, plátano, melocotón (0.30 g) y menor a frambuesa y chirimoya (0.70 g y 0.60 g) (USDA, 2004).

### **Acidez Titulable**

Los ácidos orgánicos forman parte del contenido de las vacuolas en los tejidos vegetales. Contribuyen al sabor de los frutos. Los ácidos más importantes son el málico, tartárico, oxálico y cítrico. La acidez tiene importancia en los frutos porque representa una barrera protectora contra la invasión de algunos microorganismos deteriorativos y patógenos (Cano, *et al.*, 2005), disminuyendo en contenido de acidez, se propicia un incremento del pH; aunque la acidez titulable y el pH no se hallan directamente relacionados, dado que el pH depende de la concentración de hidrógenos libres (Vázquez, 2003)

El sabor ligeramente agri dulce es una característica de calidad importante de la pitahaya, por lo cual es importante conservar su acidez característica durante el mayor tiempo posible, según Centurión *et al.*, (1999), mencionan que se requieren un valor de 0.24 % de Acidez Titulable para que el fruto mantenga un buen sabor.

La acidez titulable de las pitahayas se reduce considerablemente durante maduración, los ácidos normalmente son degradados, durante el proceso de respiración, a moléculas más simples como agua y CO<sub>2</sub> (Vargas *et al.*, 2007).

Diversos estudios muestran un descenso de 1% de ácido cítrico en frutos con epicarpio color verde claro al momento de la cosecha, valor que desciende a 0.28% después de dos semanas epicarpio color rojo (Centurión *et al.*, 1999), en contraste, To *et al.*, (2002) citado por Encino *et al.*, (2011), reportan que la acidez titulable se mantiene en 0.40% de ácido cítrico en frutos maduros, en el presente trabajo se obtuvo un 0.36% de ácido cítrico que se encuentra dentro de lo reportado y superior a lo mencionado por Centurión *et al.*,(1999) (0.24%) indicando que se mantiene un buen sabor.

### **6.3. Calidad Microbiológica de la pulpa de *Hylocereus undatus* (pitahaya).**

Muchas de las enfermedades provocadas por bacterias (*E. coli*, *Listeria*, *Yersinia* y *Salmonella*), virus o parásitos patógenos que han sido vinculadas a los frutos y hortalizas pueden ser transmitidas al consumidor cuando las heces humanas contaminan los productos. Es importante que las personas que manipulan los productos en cada etapa, desde su producción hasta el consumo, tengan conocimientos de las prácticas de higiene adecuadas para prevenir la contaminación, en este estudio se analizó la pulpa de pitahaya encontrando la ausencia de Coliformes Totales, hongos y levaduras y bacterias mesofílicas aerobias.

Para garantizar la inocuidad de los frutos se deben tener en cuenta diversos aspectos uno de ellos son los procedimientos operativos estándar y de sanitización (POE y POES), en este punto para la evaluación microbiológica de los frutos de *Hylocereus undatus* inicialmente se sumergieron en una solución de agua destilada y cloro 100 ppm durante 15 min (Tapia, *et al.*, 2005) con la finalidad de evitar que el mesocarpio quedara expuesta a posibles microorganismos presentes en el epicarpio.

Diversos trabajos apoyan la idea de proteger la pulpa de los frutos de posibles contaminantes externos tal es el caso de Alvarado, (1978) que reporto que el lavado por inmersión de varias rejas en un mismo tanque incrementaron la contaminación de *Opuntia sp*, además mencionan que la temperatura del agua es importante para la eliminación de microorganismos mesófilos y termófilos. Por otro lado el uso de sanitizantes para la desinfección de fruto y vegetales es una práctica recomendada

(Beuchat, 1998), Mazollier (1988) demostró una reducción en el número de coliformes fecales presentes en vegetales tratados con 50 ppm de cloro, Jaquette *et al.*, (1996) observaron que utilizando una concentración de cloro 100 ppm reduce la población de *Salmonella stanley* y 60 ppm se reduce la población de *Salmonella montevideo* en la superficie de tomates verdes.

El tiempo de contacto del cloro es otro factor que afecta la máxima efectividad antimicrobiana Beuchat *et al.*, 1998, observaron una reducción máxima de 2.3 unidades logarítmicas (UFC/cm<sup>2</sup>) en las poblaciones de patógenos humanos en manzanas, tomates y lechuga tratada con 2000 ppm de cloro por un minuto. En este estudio el tiempo de contacto de los frutos de pitahayas fue de 15 min.

Cabe señalar que solo se han realizado estudios sobre microorganismos Fitopatógenos en la planta de pitahaya (Castillo *et al.*, 1996; Rodríguez, 2000; OIRSA, 2000) no así de reportes de la calidad microbiológica del fruto, es el primer trabajo que se realiza con respecto a este parámetro.

En esta investigación se utilizaron agua, utensilios y ambiente estéril que garantizaron la inocuidad del fruto, los resultados mostraron la ausencia de microorganismos en la pulpa de conformidad con la Normatividad Oficial Mexicana (Bacterias Mesofílicas Aerobios 50 UFC/g, Coliformes Totales menos de 10 UFC/g Mohos y Levaduras menos de 10 UFC/g)

Por lo que podemos asegurar que los 15 frutos recolectados, embalados, transportados y trabajados para la caracterización microbiológica son inocuos.

#### **6.4. Conservas a base de la pulpa de *Hylocereus undatus* (pitahaya)..**

Cualquier método de conservación conduce el almacenamiento del producto, lo que conlleva una sana alimentación, se debe evitar la entrada de gérmenes fermentativos y putrefactores o de bacterias en los productos alimenticios. Así que si se reduce al mínimo el agua a cualquier producto, su periodo de conservación se prolonga, sin que sufra alteraciones nocivas, como es el caso de los ates, deshidratados y mermeladas.

##### **6.4.1. Mermeladas**

La mermelada obtenida presento un color rojo uniforme, lustre brillante, aroma característico de la pitahaya y ausencia de sabores o aromas extraños, su consistencia

era unttable y fluida, los sólidos solubles totales (SST) fueron de 67° Brix y un pH de 4 los resultados obtenidos concuerdan con las características que deben presentar las mermeladas de conformidad a las Normas Mexicanas como son color rojo uniforme y estable, olor y sabor característico al fruto, los SST de 64 °Brix y un pH 3-3.5, con una relación de pulpa:azúcar (40%:60%), con un máximo de 0.2% en masa de los ácidos orgánicos como el ácido cítrico, agregando pectina en tal cantidad que el producto terminado contenga 4.5% como máximo en base seca y sin la adición de saborizantes artificiales (NMX-F-131-1982 mermelada de Fresa, NMX-F-130-1982 mermelada de durazno, NMX-F-128-1982 mermelada de la naranja, NMX-F 133-1968 mermelada de la pera y NMX-F-127-1982 mermelada de la piña).

Por otra parte, la Norma Oficial Mexicana para Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico describe las especificaciones para mermelada y ate que deben cumplir,  $\text{pH} \leq 4.6$  encontrándose por debajo el pH obtenido en la mermelada y ate (pH de 4); permitiendo el empleo de ácido cítrico hasta 0.5g/100g, en el presente trabajo se utilizó 0.14g/100g que se encuentra dentro de lo establecido y la adición de colorantes orgánicos naturales en este trabajo de utilización colorante vegetal rojo No. 17 para la mermelada y ate [Buenas Prácticas de Fabricación (BPF)] (NOM-130-SSA1-1995).

#### **6.4.2. Ate**

Las características físicas que presentó el producto fueron firme de consistencia gelatinosa, resistente al corte, con superficies lisas y sin que se adhiriera al instrumento con el que se cortó, de color rojo uniforme, lustre brillante, sin sabor y aroma de pitahaya y con sabor agridulce. Como parámetros de calidad se midió el pH y los °Brix.

Los °Brix finales que se alcanzaron en el ate fueron de 76°, valor que entra dentro de lo registrado para ates de otros frutos como son el de durazno (74° Brix), guayaba (76 °Brix) y membrillo (70°Brix) (Elaboración de frutas y hortalizas, 1999). Con respecto a al valor de pH es de 4 similar a lo encontrado para la mermelada.

#### **6.4.3. Deshidratado**

El peso seco obtenido de las rebanadas deshidratadas oscila entre los 22.8 a 27.7 g, de consistencia suave para las tres formulaciones (Azúcar, Chile y natural) en relación con el contenido de agua que es del 80g/100g. Se tomó como referencia la cantidad de



agua en las manzanas es de 85g/100g, reportando 15 g de peso seco, de similar consistencia

([http://www.fao.org/inpho\\_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pprocesados/FRU11.HTM](http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pprocesados/FRU11.HTM)) la relación entre el contenido de agua depende del tiempo de desecación, para la manzana es de 12 horas, el mismo tiempo fue para las rebanadas de pitahaya.

### **6.5. Calidad Microbiológica de las Conservas**

Las conservas elaboradas (mermelada, ate y deshidratado) no presentaron microorganismos de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-130-SSA1-1995) que establece la cantidad de microorganismos presentes en este tipo de productos, los cuales son 50 UFC/g de Bacterias Mesofílicos Aerobios, Menos de 10 UFC/g de Coliformes totales y Menos de 10 UFC/g de Mohos y levaduras.

Por lo que, las buenas practicas de manufactura empleadas en este trabajo permitieron elaborar productos libres de patógenos para consumo humano.

### **6.6. Evaluación Sensorial**

La evaluación sensorial tiene un papel primordial en la traducción de los deseos y preferencias de los consumidores sobre el conjunto de propiedades tangibles y definidas de los alimentos, de manera que contribuyó a escoger aspectos positivos y negativos de los mismos y por lo tanto, a adaptarlos a las preferencias y gusto de aquellos.

Una prueba hedónica es aquella en la que el catador expresa su reacción subjetivamente del producto, indicando si le gusta o le disgusta, lo acepta o lo rechaza o si lo prefieren otro. En este caso se utilizó una escala hedónica verbal de 5 puntos.

El nivel de agrado para la mermelada fue bien calificado ya que el 90% de los jueces no entrenados lo aceptaron, de los cuales el 10% lo califico en el nivel de “Me gusta mucho”.

Para el ate se encontró que el 90% de los jueces lo calificaron positivamente, de los cuales el 40% lo califico en el nivel de “Me gusta mucho”. Con respecto a las semillas, se encontró que son componentes importantes que le dan atributos sensoriales adecuados al producto, ya que al masticarlas contribuyen a dar las notas de sabor característico que tienen la pitahaya.

Finalmente, para los frutos deshidratados en todas las presentaciones se obtuvo que el 80% de los jueces lo aceptaron, de los cuales el 40% lo calificó en el nivel de “Me gusta mucho”.

## **7. CONCLUSIONES.**

La pulpa del fruto de *Hylocereus undatus* de Zapotitlán de las Salinas, Puebla presentó un peso de 397.6 g, diámetro de 7.45 cm, Longitud de 12.55 cm, Firmeza de 8.4 kg/cm, Sólidos Solubles Totales de 8.58 °Brix, Ácido cítrico de 0.36 g ml<sup>-1</sup>, Fibra de 1.5 g, Humedad de 80%, Lípidos totales 0.40%, Pectina 0.68 g, Proteína 0.5 g, Carbohidratos 8.9 g, pH 4.2, Cenizas 0.64 g y Ácido ascórbico 8 mg.

La calidad microbiológica de la pulpa *Hylocereus undatus* (pitahaya) recolectada en Zapotitlán de las Salinas, Puebla que se encuentra libre de microorganismos Coliformes Totales, Bacterias Mesófilas Aerobias y Hongos y Levaduras.

Se logró desarrollar una mermelada y ate con la pulpa del fruto de *Hylocereus undatus* de conformidad con la Norma NOM-130-SSA1-1995. Las dos conservas fueron aceptadas por el 90% de jueces.

Se obtuvo un deshidratado a base de la pulpa de *Hylocereus undatus* en tres presentaciones; natural, adicionado con azúcar, y uno más con chile. Los cuales fueron aceptados por el 80% de los jueces.

La calidad microbiológica de las conservas elaboradas en este trabajo cumplen con lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas después de su envasado

## **8. PERSPECTIVAS**

Realizar el análisis químico del producto terminado de conformidad a las Normas Oficiales Mexicanas.

Desarrollar un empaque que se adecue al producto según sus requerimientos para mantenerlo viable e inocuo para su consumo.

Realizar el estudio de factibilidad económica y tecnológica para el establecimiento de una microempresa de conservas de pitahaya (mermelada, ate y deshidratado).

## 9. LITERATURA CITADA.

- Alvarado, E.A, 1978. Análisis microbiológico de la tuna. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. DF. 98p.
- Andrade, J.L., Rengifo, E., Ricalde, M.F., Simá, J. L. Cervera, J.C. y Vargas, S. G. 2006. Microambientes de Luz, Crecimiento y Fotosíntesis de la Pitahaya (*Hylocereus undatus*) en un Agrosistema de Yucatán, México. *Agrociencia*. 006(40):687-697.
- Arévalo, G. M. L. y Y. D. H. Hernández. 1999. Cambios en el patrón respiratorio y fisiología de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) en postcosecha. II Congreso Mexicano y I Congreso Latinoamericano y del Caribe. Cactáceas y otras Plantas Suculentas. Sociedad Mexicana de Cactología. Filial Oaxaca. México. 63-64 pp.
- Arévalo, G. M. L. y Ortiz, H. Y. D. 2004. Comportamiento postcosecha del fruto de la pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Cactaceas y suculentas* 49:85-90.
- Arias, T. A. A., Valverde, V. M. T. y Reyes, S. J. 2000. Las plantas de la región de Zapotitlán Salinas, Puebla. Instituto Nacional de Ecología. UNAM. México. 80 p.
- Badui, D.S. 1988. Diccionario de Tecnología de los Alimentos. Alhambra Mexicana. México.
- Badui, D.S. 1990. Química de los Alimentos. Alambra. México D.F. 430 p.
- Baldenes, M.I., Martínez-Calvo, J. Y Llacer, G. 1998. Estudio comparativo de la calidad de los frutos de 26 cultivares de melocotonero de origen norteamericano y dos variedades –población de origen español. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* 13 (1-2)
- Bárcenas, A. P., Tijerina, Ch. L., Martínez, G. A., Becerril, R. A. E., Larqué, S. A. y Colinas de León, M.T. 2002. Respuesta de Tres Materiales del Genero *Hylocereus* a la Salinidad Sulfatico-Clorhidrica. *Terra*. 2(120):132-127.

- Bárcenas, P. 2002. Descripción y características de la PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) <http://www.aserca.gob.mx/sicsa/ponencias/pitahaya/1marco/conten.htm>
- Barrera, D.E. y Novel, S.P. 2004. Carbon and water relation for development fruits of *Opuntia ficus-indica* (L) Miller, including effects of drought and gibberellic acid. J. Exp. Bot. 55:719-729.
- Beauchat, L.R., Nail B. V., Adler, B. B., Clavero, M. R. S. 1998. Efficacy of spray application of chlorinated water in killing pathogenic bacteria on raw apples, tomatoes, and lettuce, J. Food Prod. 10(61):1305-1311.
- Becerra, L. A. 1986. El cultivo de la pitaya. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Bogota, Colombia. 19 p.
- Bravo, H. H. 1978. Las Cactáceas de México. Volumen I. UNAM. México. 743 p.
- Bravo, H. H. 1991. Las Cactáceas de México. Volumen III. UNAM. México. 518 p.
- Bravo, H. H. y Sánchez M. H. 1978. Las Cactáceas de México. Volumen II. UNAM. México. 535 p.
- Cáliz de Dios, H. 2000. Cultivo de Pitahaya (*Hyocereus spp.*) sobre Tutores Vivos. Resúmenes del Simposio Internacional sobre el cultivo y aprovechamiento de la pitaya (*Stenocereus*) y la pitahaya (*Hylocereus* y *Selenicereus*), Guadalajara, Jal. México.
- Cano, P. M; Sánchez, M. C; Pascual, T. S; Ancos, B. 2005. Procesado Mínimo y Valor Nutricional. Capítulo VII. Nuevas Tecnologías de Consevación de Productos Vegetales Frascos Cortados. Gonzalez, A. G; Gardea, A.A; Cuamea, N. F. (Eds). Logiprint Digital S. de R.L de C.V. Guadalajara. Jalisco. México. 120-152 pp.
- Carrillo, C. R. 2004. Desarrollo de un prototipote embalaje para la pitahaya (*Hylocereus undatus*.) de exportación. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo México 119 p.

- Castillo, M. R. 2000. Aportaciones al conocimiento y aprovechamiento de *Hylocereus*, Resúmenes del Simposio Internacional sobre el cultivo y aprovechamiento de la pitaya (*Stenocereus*) y la pitahaya (*Hylocereus* y *Selenicereus*), Guadalajara-ra, Jal. México. <http://www.gaceta.udg.mx/Hemeroteca/paginas/157/14-157.pdf>
- Castillo, M. R. 2006. Aprovechamiento de la pitahaya: bondades y problemáticas, *Caos Conciencia* 1:13-18.
- Castillo, M. R. y Calix de Dios, H. 1997. Las pitahayas, un Recurso Subaprovechado. *Ciencia y Desarrollo*. 136(23):53-55.
- Castillo, M. R., Cáliz de Dios H. y Rodríguez C. A. 1996. Guía Técnica para el Cultivo de Pitahaya. CONACYT. Quinta Roo, INIFAP y UACH. <http://www.crupy-uach.org.mx/biblioteca/123>
- Centurión-Yah, A. m Perez V. S Solis P. S. Mercado S. R Baez S. C Saucedo. E. Sauri. 2000. Cambios asociados a la ultimas etapas de desarrollo y maduración de la pitahaya (*Hylocereus undatus*), Resúmenes de Simposio Internacional sobre el cultivo apovechamiento de la pitahaya. Guadalajara, Jalisco. México
- CenturiónYah, R. A.; M. Pérez V.; S. Solís P.; S. Mercado S.; R. Báez S.; C. Saucedo, y E. Sauri. 2000. Cambios asociados a las últimas etapas de desarrollo y maduración de la pitahaya (*Hylocereus undatus*), Resúmenes del Simposio Internacional sobre el cultivo y aprovechamiento de la pitaya (*Stenocereus*) y la pitahaya (*Hylocereus* y *Selenicereus*), Guadalajara, Jal. México.
- CenturiónYah, R. A.; Solís P. S.; Saucedo. V. C.; Báez S. R. y Sauri D. E. 2008. Cambios Físicos, Químicos y Sensoriales en Frutos de Pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su Desarrollo. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(001):1-5.
- Centurión A R, S Solís, E Mercado, R Báez, C Saucedo, E Sauri. 1999. Variación de las principales características de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su maduración postcosecha. *Hort. Mex.* 7:419-425.

- Código de Prácticas de Higiene para el Transporte de Alimentos a Granel y Alimentos Semienvasados. CAC/RCP 47-2001. <http://www.codexalimentarius.net/search/advancedsearch.do>
- Código de Prácticas de Higiene para las frutas y hortalizas frescas (CAC/RCP 53-2003). <http://www.codexalimentarius.net/search/advancedsearch.do>
- Código Internacional de Practicas Recomendado - Principios generales de higiene de los alimentos. CAC/RCP 1-1969, Rev 4 (2003). <http://www.codexalimentarius.net/search/advancedsearch.do>
- Coronado, T. M. e Hilario, R. R. 2001. Elaboración de Mermeladas Procesamiento de alimentos para pequeñas y micro empresas agroindustriales. Centro de Investigación, Educación y Desarrollo. Lima. Perú. 36 p.
- Corrales, G. J. 2002. Caracterización, poscosecha, aprovechamiento e industrialización de pitayas y pitahayas. Reporte 65. Centro de Investigación Economicas, Sociales y tecnologicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Chapingo, México 37 p.
- Corres, D. 2006. Efecto del Fertirriego en la propagación sexual y asexual de pitahaya -Tesis de Maestría. [http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/3482/1/921\\_2006\\_CIDIR-OAXACA\\_MAESTRIA\\_daniel\\_corres\\_antonio.pdf](http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/3482/1/921_2006_CIDIR-OAXACA_MAESTRIA_daniel_corres_antonio.pdf)
- De la Barrera E. and Nobel, P. S. 2004. Carbon and water relations for developing fruits of *Opuntia @cus-indica* (L.) Miller, including effects of drought and gibberellic acid. Jour. of Exp. Bot. 397(55):719-729.
- De la Mora, G. K. G. 2001. Optimización de un producto tipo mermelada de fresa resistente a un temperatura de horneado, maximizando su aceptación sensorial mediante el método Taguchi. Tesis de Licenciatura en Química en Alimentos. UNAM. Facultad de Química. México. DF. 73 p.
- Delgado, R. M. A. 2002. comportamiento del crecimiento vegetativo y reproductivo de pitahaya (*Hylocereus undatus Haworth*) ante deficiencias de

- macro y micronutrientos. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México 102 p.
- Diario Oficial de la Federación. 2011. Ley Federal de Sanidad Vegetal. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/117.pdf>
  - Díaz-Sobac, R. y Vernon-Carter, J. 1999. Inocuidad Microbiológica de frutas frescas y mínimamente procesadas. *Cienc. Tecnol. Aliment* 3(2):133-136.
  - Enciso, T.O., Ibarra, Z. M. Ma. E., Rangel, J. D.M. Valdez, T.B., Villarreal, R.B y Hernández V.S. 2011. Calidad postcosecha de frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus haw.*) cosechados en tres estados de madurez. *Rev. Fitotec. Mex.* 1(34):63-72.
  - Enciso, O. T., Bodart, B. F., Mendoza, T. A. L. y Zea, M. F. 2007. Fenología reproductiva y calidad del fruto de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en Sinaloa, México. XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Zacatecas, Zac. México. [http://somech.com.mx/ponencias/ponencias\\_2007/Memoria%20SOMECH%202007\\_p%2031.pdf](http://somech.com.mx/ponencias/ponencias_2007/Memoria%20SOMECH%202007_p%2031.pdf)
  - Esquivel, P. 2004. Los frutos de las cactáceas y su potencial como materia prima. *Agronomía Mesoamericana.* 002(15):215-219.
  - Filardo, K. S. Peña, R. M. J. Scheinvar, L. Cruz, M. B. R. Juárez, T. J y Zuñiga, E. A. 2006. Validación de una Mermelada Elaborada de Xoconostle (*Opuntia matudae* Scheinvar). Alfa Editores Técnicos. Industria Alimentaria. 18-29 pp.
  - Flores, M. L. 2011. Indicadores de rentabilidad en la producción de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en San Juan Ixcaquixtla, Puebla. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Texcoco. Edo. de México. 124p.
  - González, C. I. 2006. Desarrollo y aplicación de procesos tecnológicos para la elaboración de conservas a base de pitaya (*Stenocereus spp.*) de la región Mixteca. Tesis de Licenciatura, Ingeniero en Alimentos. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Huajuapande León. Oaxaca. México. 71 p.

- González, C. L., Filardo, K. S. y Bernardino, N. A. 2006. Elaboración de Jaleas y Mermeladas a base de 5 especies de Tuna. Revista Salud Pública y Nutrición (RESPYN) VIII Congreso Nacional de Ciencias de los Alimentos, Monterrey, N.L., México. Edición Especial N° 14
- González, M. S y Peñalosa, C. I. 2000. Biomoléculas. Métodos de Análisis. Universidad Nacional Autónoma de México UNAM. Campus IZTACALA. Estado de México. México. 256 p.
- Grant, V. 1989. Especiación Vegetal. Ed. LIMUSA. D.F. México. 587p.
- Hernández, H. C y Amador, C. A 2005. Comportamiento de frutos de pitahaya (*Hylocereus*) mínimamente procesados bajo diferentes condiciones de frigoconservación. Tesis Profesional para obtener el título de Ing. Agrónomo. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco. Estado de México. 144 p.
- Jaquette CB; Beauchat LR; Mahon, BE. 1996. Efficacy of chlorine and heat treatment in killing *Salmonella stanley* inoculated onto alfalfa seeds and growth and survival of the pathogen during sprouting and storage. Appl. Environ. Microbiol. 6(62):2212-2215.
- Lacayo, Ch. M. E; Guido, M. A. y Castillo, C. G. 2005. Tecnología y Utilización del Cultivo de Pitahaya (*Hylocereus undatus*) para Mercado Nacional e Internacional. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. Nicaragua. 1-9 pp. Comunicación directa
- Lees, R. 1969. Análisis de los Alimentos. Métodos Analíticos y de Control de Calidad. Ed. Acribia. 2da. Ed. España. 228 p.
- López, C. J. Y; Ortiz, H. Y. D. y Arce, G. F. 1999. Cadenas de Comercialización y Oportunidades de Comercialización de la Pitahaya (*Hylocereus* spp.). Trabajo derivado del proyecto de la pitahaya financiado por IPN, SIBEJ, CONACYT y FMCN CIIDIR-IPN Oaxaca. IPN-COFAA. Cactáceas y Otras Plantas Suculentas. II Congreso Mexicano y I Congreso Latinoamericano y del Caribe. Sociedad Mexicana de Cactología. Filial Oaxaca. 109-110 pp.



- López, G. F., Muñoz. I. D., Hernández, M. M., Soler, A. A., Castillo, L. M. C. y Hernández, A. I. 2003. Análisis integral de la toposecunecia y su influencia en la distribución de la vegetación y la degradación del suelo en la subcuenca de Zapotitlán Salinas, Puebla. Bol. Soc. Geol. Mex. 1(56):19-41.
- López, T. O. y Guido, M. A. 1998. Evaluación de Dosis de Nitrógeno y Fósforo en el Cultivo de Pitahaya (*Hylocereus undatus*). Agronomía Mesoamericana. 1 (9): 66-71.
- Macossay, V. M. 2001. Asesoría para la producción campesina de pitahaya en Dzidzantún, Yucatán. Centro Regional de la Península de Yucatán. Comité de Servicio Universitario. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO. 7 p.
- Magaña B. W., Balbín A. M., Corrales G. J., Rodríguez C. A. y Saucedo V. C. 2006. Principales características de calidad de las pitahayas (*Hylocereus undatus haworth*), frigoconservadas en atmósferas controladas. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 2(15):52-57.
- Manzollier Jr. 1998. IVè gamme. Lavage-desinfection des salades. Infros-Ctifl. 41:19
- Martín Belloso, O; Oms Oliu, G. 2005. Efecto de la atmósfera modificada en las características físico-químicas y nutricionales de la fruta fresca cortada. Simposium “Nuevas tecnologías de conservación y envasado de frutas y hortalizas. Vegetales frescos cortados” La Habana Cuba [http://www.ciad.mx/dtaov/XI\\_22CYTED/fotos/files\\_pdf/cuba/olga.pdf](http://www.ciad.mx/dtaov/XI_22CYTED/fotos/files_pdf/cuba/olga.pdf)
- Martínez, CHR. 2011 Relaciones entre genotipo, productividad y calidad de fruto en pitahaya (*Hylocereus spp.*). Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados. México. 78 p.
- Miranda, G. K. L., Lema, R. S. G., Freire, G. A. F. 2009. Proyecto de inversión para la producción y comercialización de una bebida energizante natural elaborada a base de pitayaha. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior del Litoral Facultad de Economía y Negocios. Guauaqui. Ecuador. 115p.

- Méndez, R. J. S. 1993. Fonología y Etnobotánica de Pitahaya *Hylocereus undatus* (Harwort) britton et rose en Rayón, S.L.P. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Bermejillo, Dgo. México. 70 p.
- Meráz, A. M. R; Ángel G. M; Schwentesius, R. R. y Cruz H. P. 2003. Pitahaya de México Producción y comercialización en el contexto internacional. En: Pitayas y Pitahayas. Flores Valez, Caludio A. CIESTAAM, Universidad Autónoma de Chapingo, 175p.
- Moctezuma, A. L. 2000. El mercado de la pitahaya. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo México. 78p.
- Nazareno, M. A. y Padrón, P. C. A. Nuevas tecnologías para el aprovechamiento de las cactáceas en la elaboración de alimentos. Componentes funcionales y propiedades antioxidantes. Ciencia y Tecnología de los Alimentos. 1(2):202-238.
- Nerd, A; Gutman, F y Mizrahi, Y. 1999. Ripening and postharvest behaviour of fruit of two *Hyloruceus species* (Cactaceae). Postharvest Biology and Technology 17:39-45.
- NMX-F 133-1968. Alimentos para humanos. Frutas y derivados. Mermelada de pera.
- NMX-F-127-1982. Alimentos para humanos. Frutas y derivados. Mermelada de piña.
- NMX-F-128-1982. Alimentos para humanos. Frutas y derivados. Mermelada de naranja
- NMX-F-130-1982. Alimentos para humanos. Frutas y derivados. Mermelada de durazno.
- NMX-F-317-S-1978. Determinación de pH en alimentos.
- NMX-FF-006-1982 Productos alimenticios no industrializados, para uso humano-fruta fresca-Terminología
- NMX-FF-068-SCFI-2006 Hortaliza fresca - nopal verdura (*Opuntia spp.*) - Especificaciones (cancela a la NMX-FF-068-1988)

- NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida.
- NOM-051-SCFI-1994. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados.
- NOM-092-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- NOM-109-SSA1-1994. Procedimientos para la toma, Manejo y Transporte de Muestras de Alimentos para su Análisis Microbiológico
- NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.
- NOM-111-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
- NOM-112-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable (NMP).
- NOM-130-SSA1-1995, Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometido a tratamiento térmico. Disposiciones y especificaciones sanitarias.
- NOM-F-131-1982 Alimentos para humanos. Frutas y derivados. Mermelada de fresa.
- Norma del CODEX para la pitahaya (CODEX STAN 237-2003).  
<http://www.codexalimentarius.net/search/advancedsearch.do>
- Norma General del CODEX para el etiquetado de Alimentos Preenvasados (CODEX STAN 1-1985).  
<http://www.codexalimentarius.net/search/advancedsearch.do>
- Norma General del CODEX para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos (CODEX STAN 193-1995).  
<http://www.codexalimentarius.net/search/advancedsearch.do>

- Oficinas Regionales y Subregionales de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en América Latina y el Caribe. 2005. Conferencia Regional FAO/OMS sobre Inocuidad de los Alimentos para las Américas y el Caribe. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/010/j6410s.pdf>
- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). 2000. Manual Técnico Buenas Prácticas de Cultivo en Pitahaya. Nicaragua. <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/MANUALPITHAYA.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Organización Mundial para la Salud (OMS). 2003. Garantía de la Inocuidad y Calidad de los Alimentos: Directrices para el Fortalecimiento de los Sistemas Nacionales de Control de los Alimentos. Estudio FAO Alimentación y Nutrición 76. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/y8705s/y8705s00.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2006. Fichas Técnicas. Productos Frescos y Procesados. <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/AE620s/Pprocesados/FRU10.HTM>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2006. Fichas Técnicas. Productos Frescos y Procesados. <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/AE620s/Pprocesados/FRU10.HTM>
- Ortiz, H., Y D. 1999. Pitahaya: a new crop for México. Ed. Limusa-Grupo Noriega Editores. México. D.F. 124p.
- Osorio, B. o., Valiente, B. A., Dávila, P. y Madina, R. 1996. Tipos de vegetación y diversidad  $\beta$  en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. México. Bol. Soc. Bot. Méx. 59: 35-58.
- Osorio, R., H. G. Varela, M. L. Martínez y J. Morales. 1999. Análisis del Establecimiento de *Hylocereus undatus* Haworth en Suelo. II Congreso Mexicano y I Congreso Latinoamericano y del Caribe. Cactáceas y otras Plantas Suculentas. Sociedad Mexicana de Cactología. Filial Oaxaca. México. 118 p.

- Pennington, T. D y Sarukhán, J. 1998. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Fondo de Cultura Económica. Ediciones Científicas Universitarias Segunda Edición. México. 328, 400 p.
- Polenta, G. A. 1999. El avance de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas. Artículo de difusión Bioquímico; Universidad Nacional de Rosario. M. Sc. En Cia. y Tecn. de alimentos, Universidad Federal de Santa María, Brasil [http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/pos/gp\\_004.htm](http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/pos/gp_004.htm)
- Principios para el establecimiento y la aplicación de criterios microbiológicos a los alimentos (CAC/GL 21-1997) <http://www.codexalimentarius.net/search/advancedsearch.do>
- Principios para el establecimiento y la aplicación de criterios microbiológicos a los alimentos. CAC/GL 21-1997 <http://www.codexalimentarius.net/search/advancedsearch.do>
- Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO). 2008. Tecnologías Domésticas Profeco. <http://www.profeco.gob.mx/tecnologias/conserva/conserva.asp>
- Reyes, S. J., Brachet, I. Ch., Pérez, C. J. y Gutierrez, R. A. 2004. Cactáceas y otras plantas nativas de la cañada Cuicatlán, Oaxaca. Sociedad Mexicana de Cactología, A.C. Oaxaca. México. 196 p.
- Rodríguez, C. A. 1997. Guía técnica para la producción de plantas de pitahaya en viveros. Universidad Autónoma Chapingo. Maxcanu. Estado de Yucatán.
- Rodríguez, C. A. 2000. Panorama Internacional de la Producción y Comercialización de Pitahayas. <http://www.aserca.gob.mx/sicsa/claridades/revistas/082/ca082.pdf#page=25>
- Rodríguez, C. A. 2000. Producción y Comercialización de Pitahayas en México. <http://www.aserca.gob.mx/sicsa/claridades/revistas/082/ca082.pdf#page=3>
- Rodríguez, C. A. 2002. Pitahaya (*Hylocereus undatus*) Producción y Comercialización en México. Reporte 66. Centro de Investigaciones

- Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) Chapingo. México. Edo. de México. 37 p.
- Rodríguez, C. A., García, A. J. C., González, S. M. G., Jiménez, R. C., Moreno, G. M. C., Pallares, H. L. J., Ramírez, L. V. Rosas, M. L., Rueda, R. R., Trejo, T. E., Velazco, G. S. y Zárate E. E. 1993. El Cultivo de Pitahaya en Yucatán. Universidad Autónoma Chapingo. Maxcanú. Estado de Yucatán. 1-14pp. <http://www.crupy-uach.org.mx/img/biblioteca/doc/47f37f0d62841fc3895f03ac3f6e3c21.pdf>
  - Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432p.
  - Sáenz, C., Berger, H., Corrales, G. J., García, C. V., Higuera, I., Mondragón, C., Rodríguez, F. A., Sepúlveda, E., y Varnero, M. T. 2006. Utilización Agroindustrial del Nopal. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 162. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 164p. [http://www.comentuna.com.mx/comite/Documentos/FAO\\_Nopal\\_agroindustrial.pdf](http://www.comentuna.com.mx/comite/Documentos/FAO_Nopal_agroindustrial.pdf)
  - Sánchez, C. S; Rubí, A. M. y Saavedra, C. 1992. El potencial frutícola en México. XXXV Aniversario del Colegio de Postgraduados en ciencias Agrícolas. Primera Reunión Internacional Y Segunda Reunión Nacional “Frutales Nativos e introducidos con demanda Nacional e Internacional. Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S, C. Coatepec Harinas. México. 1-10 pp.
  - Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON), 2002.
  - Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2009. Fichas Técnicas sobre Actividades Agrícolas, Pecuarias y de Traspatio. El cultivo de la Pitahaya. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/El%20cultivo%20de%20la%20Pitahaya.pdf>
  - Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2006. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Puebla. 1-25pp.

- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). S/A. Procesamiento de frutas y verduras a nivel casero. Subsecretaria de Desarrollo Rural. Sistema Agropecuario de Negocios. 8 p.
  - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2003. Manual de almacenamiento y transporte de frutas y hortalizas frescas en materia de inocuidad. Guía para el productor-empacador. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. México. D.F. 34p.  
<http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/AlmacenamientoTransporteFrutasHortalizas.pdf>
  - Secretaria de Desarrollo Rural. 2005-2011. Cadenas Productivas de Cactáceas. Cultivos del Estado de Puebla. México. <http://www.sdr.gob.mx>
  - Secretaria de Desarrollo Rural. 2005-2011. Opciones Alimenticias del Estado de Puebla. Puebla. México. <http://www.sdr.gob.mx>
  - Secretaria de Desarrollo Rural. 2008. Produce Puebla 300 toneladas de pitahaya al año: SDR. Puebla. México.  
[http://comunicacionsocial.gob.mx/index.php?view=article&catid=44&id=25163%3Asdr&option=com\\_content&Itemid=63](http://comunicacionsocial.gob.mx/index.php?view=article&catid=44&id=25163%3Asdr&option=com_content&Itemid=63)
- Secretaria de Gobernación (SEGOB). 2005-2011. Secretario del Estado de Puebla Lic. Mario Montero Serrano.  
<http://www.puebla.gob.mx/segob/municipios/zapotitlan/>
- Secretaría del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2006. Codex Alimentarius. Tercera edición. Roma. Italia.  
[ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/understanding/Understanding\\_ES.pdf](ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/understanding/Understanding_ES.pdf)
  - Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos, 2008.  
<http://www.siap.gob.mx/snidrus/19Marzo09/9%20Indicadores%20del%20sector%20agroalimentario.pdf>

- Sielaff, H. 2000. Tecnología de la fabricación de conservas. Editorial Acribia. España
- Sierra, G. P.L.C. 2001. Elaboración de una pasta de frutas con alto contenido de antioxidantes (carotenoides). Tesis UAM. México
- Tamaro, C. A. 1984. Tratado de Fruticultura. 10ª edición. Gustavo Pili. Barcelona. España. 938p.
- Tapia, S. M, Raybaudi, M. R. M y Martín, B. O. 2005. Patógenos asociados a frutas frescas cortadas. Incidencia, supervivencia y crecimiento, brotes y control. Simposium. "Nuevas Tecnologías de Conservación y Envasado de Frutas y Hortalizas". Proyecto XI.22.Vegetales Frescos Cortados. La Habana. Cuba.
- Ulloa, J. A. 2007. Frutas auto estabilizadas en el envase por la tecnología de obstáculos. Universidad Autónoma de Nayarit. México. 29p. <http://books.google.com.mx/books?id=d9f5Gko6V7kC&pg=PA19&dq=importancia+del+agua+en+las+frutas&hl=es&sa=X&ei=dHskT5eKHYjE2gWBmMHfCQ&ved=0CEAQ6AEwAw#v=onepage&q=importancia%20del%20agua%20en%20las%20frutas&f=false>
- USDA. 2004. Department the Agriculture, National Nutrient DataBase for Standard Reference, Release 17 [www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/index.html](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/index.html)
- Valencia, B. A. J. Sandoval, I. J. S. Cárdenas, S. E. Michailides, T. J. y Rendón, S. G. 2004. A New Stem Stop Disease of Pitahaya [*Hylocereus undatus* (HAW.) Britton and Rose] caused by *Fusicoccum-Like anamorph* of *Botryosphaeria dothidea* (*moug.,:FR*) Ces. and de Not. in México. Rev. Mex. de Fito. 22(001):140-142. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=61222119>
- Valiente, B., Casas, A., Alcántara, A., Dávila, P., Flores, H. N., Villaseñor, J. L., y Ortega, J. 2001. La vegetación del Valle de Tehucan-Cuicatlan. Bol. Soc. Bot. Méx. 67: 25-74.



- Vargas, L., Centurión, A., Saucedo, C., Tamayo, E. y Sauri, E. 2005. Industrialización de la pitahaya (*Hylocereus undatus*): Una nueva forma de comercialización. Rev. Mex. de Agron. 9(016):498-509.
  - Vargas, L., Centurión, A., Saucedo, C., Tamayo, E., Tamayo, J. y Sauri, E. 2005. Respuesta Fisiológica de Rebanadas de Pitahaya Conservadas en Atmósferas Modificadas. Libro de Artículos en Extenso del V Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos (CIBIA V), “Hacia una Visión Integrada de la Ingeniería de Alimentos”. Puerto Vallarta, Jalisco, México.
  - Vargas, V. L., Centurión Yah, A., Tamayo, C. E., Tamayo, C. J., Saucedo, V. C. y Sauri, D. E. 2007. Variación de la Respiración y Producción de Etileno de Rebanadas de Pitahaya (*Hylocereus undatus*). V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportación. Cartagena. España. <http://www.horticom.com/pd/imagenes/69/653/69653.pdf>
  - Vargas, V. L., Tamayo, C. E., Tamayo, Centurión Yah, A., C. J., Saucedo, V. C. y Sauri, D. E. 2007. Conservación de Frutos de Pitahaya (*Hylocereus undatus*) con Atmósferas Conservadas. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportación. Cartagena. España. <http://www.horticom.com/pd/imagenes/72/369/72369.pdf>
  - Vargas, V. L., Tamayo C. J., Centurión, Y. A. Tamayo, C. E., Saucedo, V. C. y Sauri, D. E. 2010. Vida útil de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mínimamente procesada. Revista Iberoamericana del Tecnología Postcosecha. Hermosillo. México. 2(11):154-161.
  - Vazquez, H. M. V. 2003. Respuesta fisiológica de pitahaya (*Hylocereus undatus*) frigoconservadas en atmosferas controladas. Tesis de Licenciatura. Universidad Autonoma de Chapingo. Chapingo, México 81p.
- VIFINEX. 1999. Manual Técnico Fitosanidad en Pitahaya. Nicaragua, Noviembre.
- [http://www.oirsa.org.sv/Publicaciones/VIFINEX/Di051001/Fitosanidad\\_Pitahaya.htm](http://www.oirsa.org.sv/Publicaciones/VIFINEX/Di051001/Fitosanidad_Pitahaya.htm)

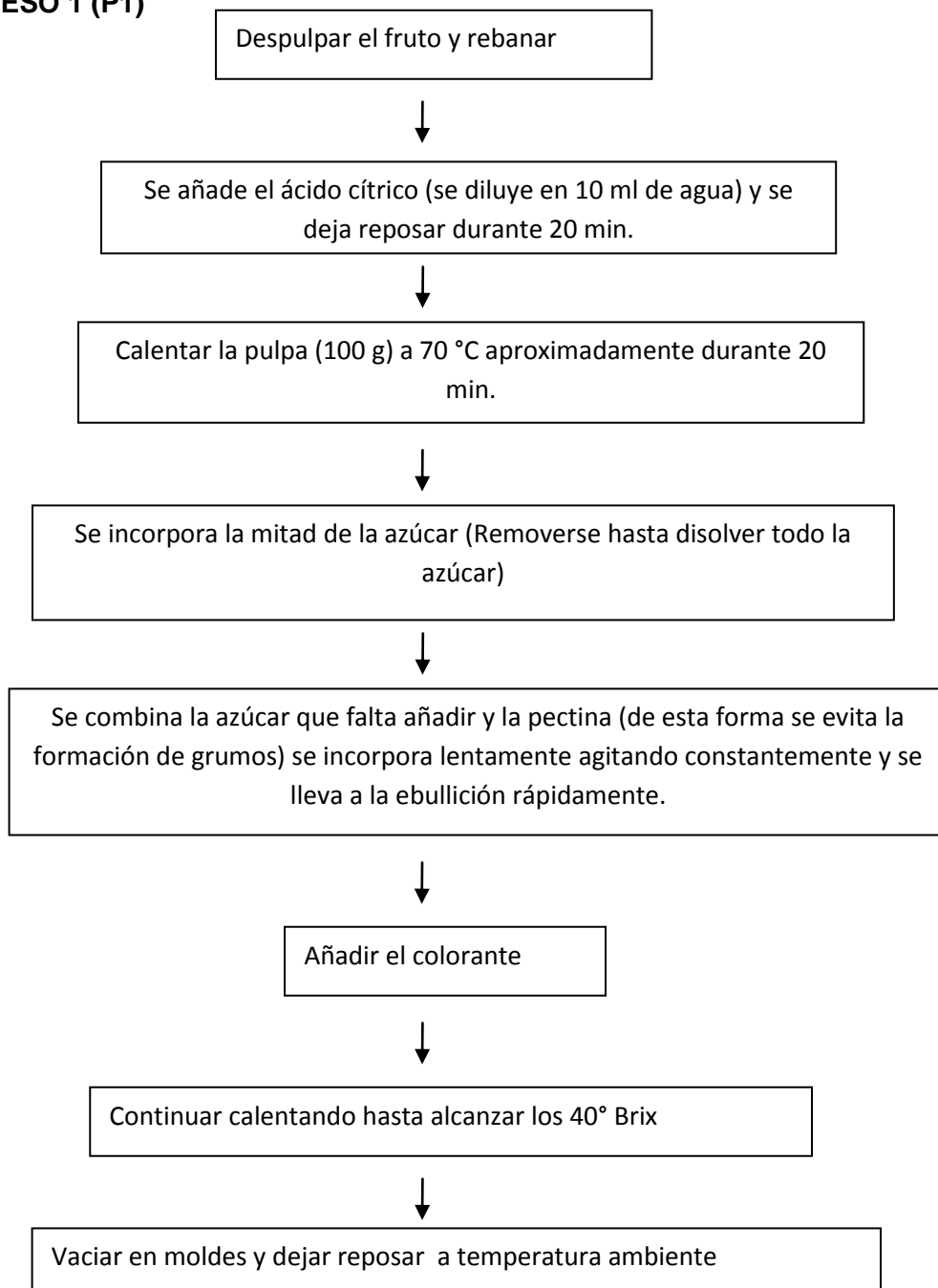
- Villarino, R. A y García, F. MC. 2003. Frutas y Hortalizas en nutrición y dietéticas. García, A. MT; García, F. MC. (Eds). Secretariado de Publicaciones y Medios Audiovisuales. León. 353-366p [www.cesavep.org](http://www.cesavep.org)
- Villatoro, M. W. A. Evaluación de rentabilidad de un proyecto de deshidratación de manzana por medio de energía solar. 2005. Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. 94p. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03\\_2244.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_2244.pdf)
- Zabadúa, F. Vargas, L. González, S. Tamayo, J. 2007. Efecto del Empaque en Bolsas de PBD sobre la Calidad y Vida Útil de la Pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante su Refrigeración. Tomo II “Tecnologías Convencionales y Emergentes Aplicadas a la Ingeniería de Alimentos”. Instituto Tecnológico de Mérida, México 1-6 pp.

## 10. ANEXOS

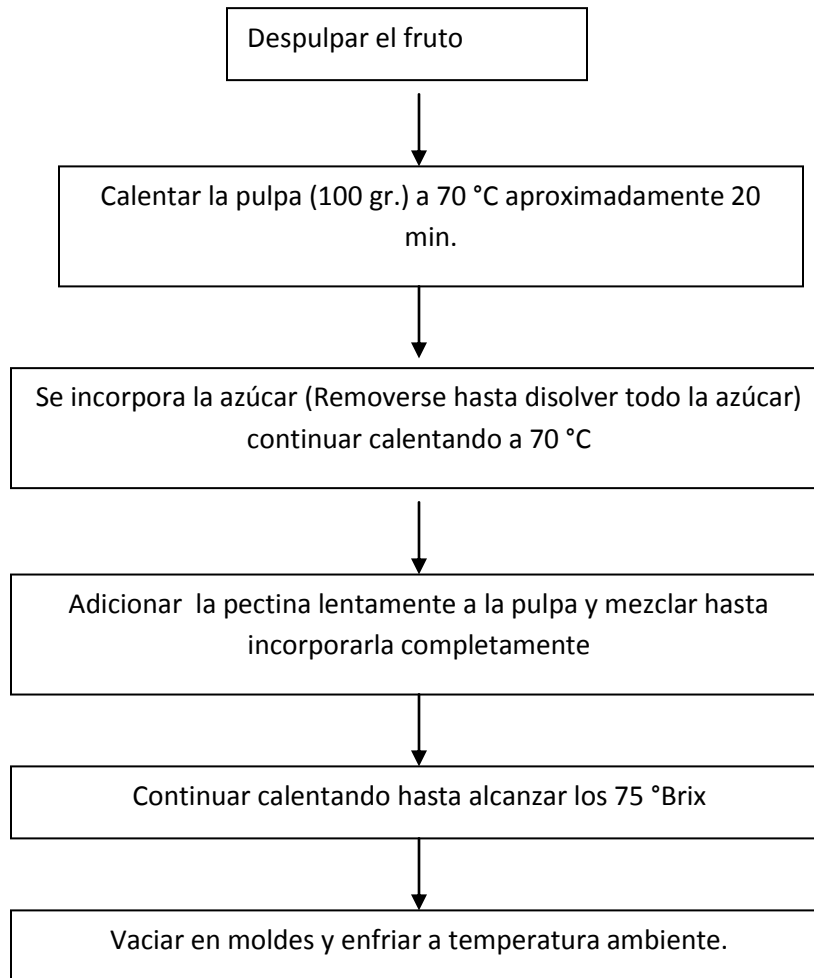
### ANEXO I

#### PROCESOS PARA LA ELABORACIÓN DE LAS CONSERVAS.

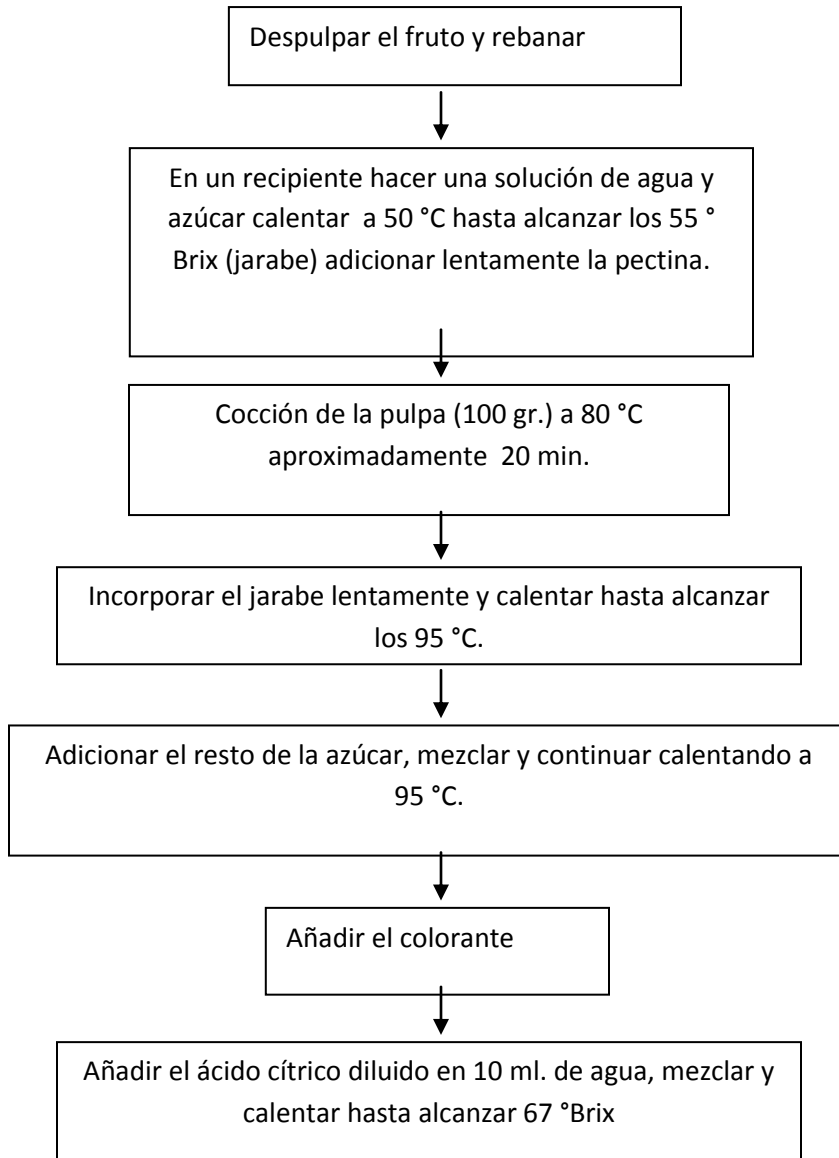
##### PROCESO 1 (P1)



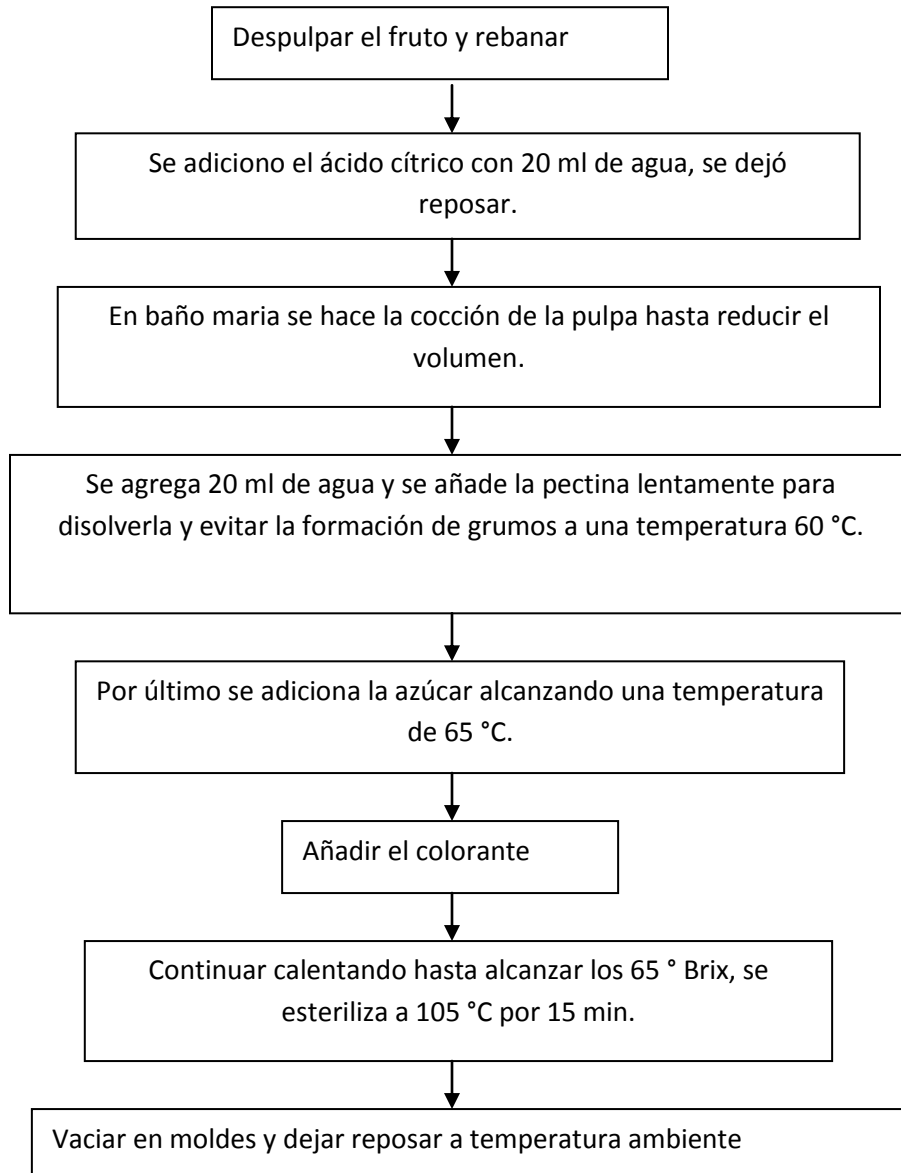
**PROCESO 2 (P2)**



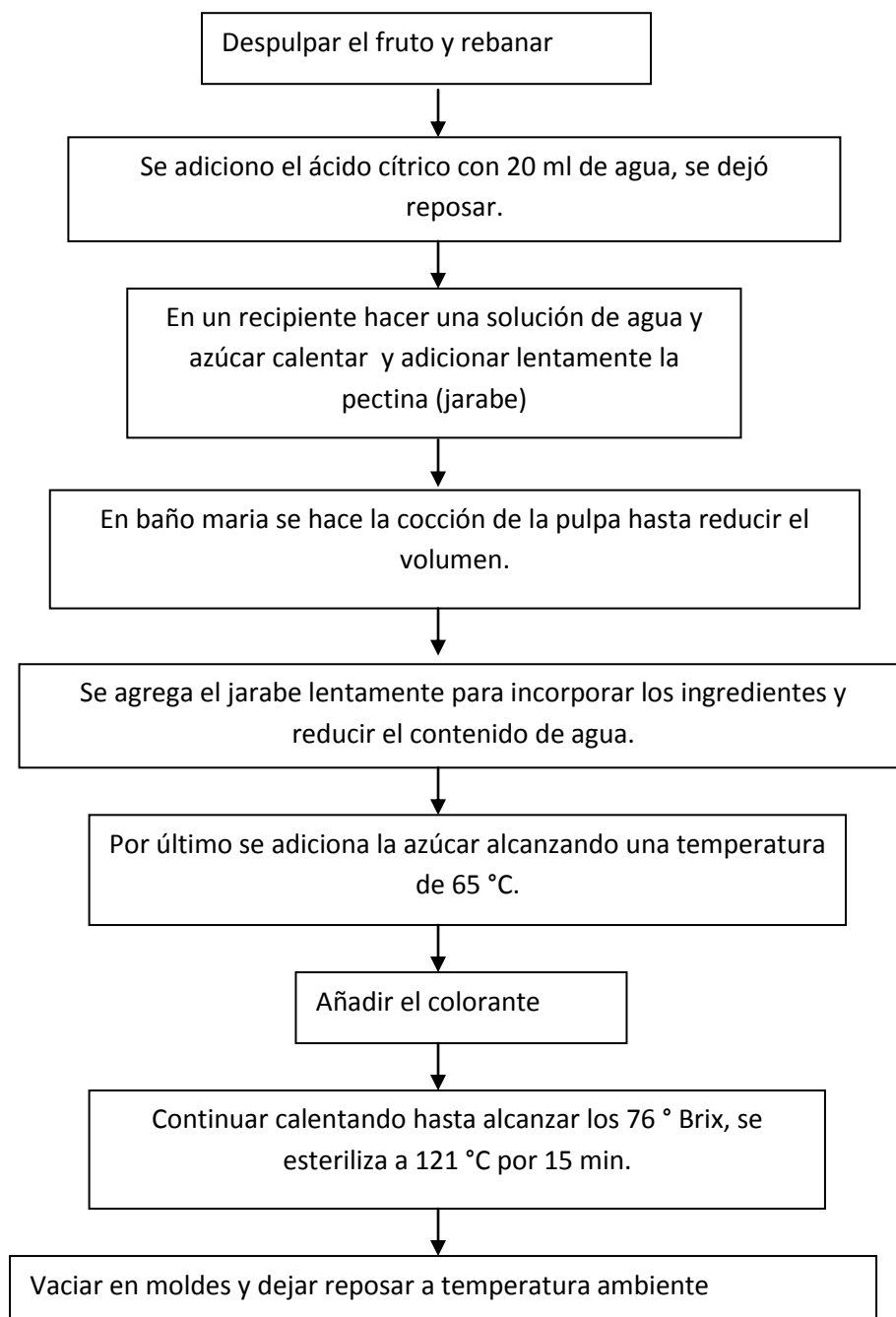
**PROCESO 3 (P3)**



#### PROCESO 4 (P4)



**PROCESO 5 (P5)**



## ANEXO II

Grado de aceptación de la mermelada. Evaluación sensorial con una escala hedónica verbal de cinco puntos realizada al azar con 10 jueces no entrenados de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

ATRIBUTO	ESCALA	PORCENTAJE	No. DE PERSONAS
En cuanto al color de esta mermelada. Opinaría que es:	Muy oscura	0	0
	Oscura	10	1
	Idóneo	90	9
	Claro	0	0
	Muy claro	0	0
¿Cuanto le gusta el color de la mermelada?	Muchísimo	10	1
	Mucho	70	7
	Idóneo	10	1
	Poco	10	1
	Nada	0	0
En cuanto al contenido de semillas. Opinaría que es:	Muchísimo	0	0
	Mucho	30	3
	Idóneo	60	6
	Poco	10	1
	Nada	0	0
Cuanto le gusto la mermelada de pitahaya que acaba de degustar?	Muchísimo	10	1
	Mucho	30	3
	Idóneo	50	5
	Poco	10	1
	Nada	0	0
En cuanto a la consistencia de la mermelada diría que es:	Muy duro	10	1
	Duro	20	2
	Idóneo	60	6
	Poco duro	10	1
	Nada duro	0	0
¿Cuanto le gusto la consistencia de esta mermelada?	Muchísimo	10	1
	Mucho	20	2
	Idóneo	60	6
	Poco	10	1
	Nada	0	0
¿Le gusta el aspecto de la mermelada de pitahaya?	Muchísimo	20	2
	Mucho	70	7
	Idóneo	0	0
	Poco	10	1
	Nada	0	0
¿Cuanto le gusta el sabor de esta mermelada?	Muchísimo	20	2
	Mucho	40	40
	Idóneo	30	30
	Poco	10	10
	Nada	0	0



¿Sería su intención comprar esta mermelada?	Definitivamente si la compraría	40	4
	Probablemente si la compraría	30	3
	Tal vez si, tal vez no la compraría	30	3
	Definitivamente no la compra	0	0
	Probablemente no la compra	0	0

Grado de aceptación del Ate. Evaluación sensorial con una escala hedónica verbal de cinco puntos realizada al azar con 10 jueces no entrenados de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

ATRIBUTO	ESCALA	PORCENTAJE	No. DE PERSONAS
En cuanto al color de este ate. Opinaría que es:	Muy oscura	0	0
	Oscura	10	1
	Idóneo	70	9
	Claro	20	2
	Muy claro	0	0
¿Cuanto le gusta el color del ate?	Muchísimo	10	1
	Mucho	80	8
	Idóneo	10	1
	Poco	0	0
	Nada	0	0
En cuanto al contenido de semillas. Opinaría que es:	Muchísimo	0	0
	Mucho	20	2
	Idóneo	70	7
	Poco	10	1
	Nada	0	0
¿Le gusta la cantidad de semillas que contiene el ate?	Muchísimo	10	1
	Mucho	50	5
	Idóneo	30	3
	Poco	10	1
	Nada	0	0
¿Cuanto le gusta el sabor de este ate?	Muchísimo	10	1
	Mucho	40	4
	Idóneo	50	5
	Poco	0	0
	Nada	0	0
¿Cuanto el dulzor de este ate?	Muchísimo	20	2
	Mucho	50	5
	Idóneo	30	3
	Poco	10	1
	Nada	0	0
En cuanto al sabor de pitahaya diría que es:	Muy fuerte	0	0
	Fuerte	10	1
	Idóneo	60	6
	Débil	20	2
	Muy débil	10	1
¿Cuanto le gusta el ate de pitahaya que acaba de	Muchísimo	0	1
	Mucho	40	4

gustar?	Idóneo	50	5
	Poco	10	1
	Nada	0	0
En cuanto a la consistencia del ate diría que es:	Muy duro	10	1
	Duro	20	2
	Idóneo	60	6
	Poco duro	10	1
	Nada duro	0	0
¿Cuanto le gusto la consistencia de este ate?	Muchísimo	10	1
	Mucho	40	4
	Idóneo	50	50
	Poco	0	0
	Nada	0	0
La cantidad de acidez usted diría que es:	Muy fuerte	0	0
	Fuerte	0	0
	Idóneo	90	9
	Débil	10	1
	Muy débil	0	0
¿Le gusto el grado de acidez de este ate?	Muchísimo	0	0
	Mucho	70	7
	Idóneo	30	3
	Poco	0	0
	Nada	0	0
¿Cuánto le gusta el aspecto del ate de pitahaya?	Muchísimo	20	2
	Mucho	80	8
	Idóneo	0	0
	Poco	0	0
	Nada	0	0
¿Sería su intención comprar este ate?	Definitivamente si la compraría	40	4
	Probablemente si la compraría	30	3
	Tal vez si, tal vez no la compraría	20	2
	Probablemente no la compra	10	1
	Definitivamente no la compra	0	0

Grado de aceptación del deshidratado natural. Evaluación sensorial con una escala hedónica verbal de cinco puntos realizada al azar con 10 jueces no entrenados de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala

ATRIBUTO	ESCALA	PORCENTAJE	No. DE PERSONAS
En cuanto al color de esta deshidratado. Opinaría que es:	Muy oscura	10	1
	Oscura	10	1
	Idóneo	30	3
	Claro	50	5
	Muy claro	0	0
¿Cuanto le gusta el color del	Muchísimo	0	0

*Hyalocereus undatus*

deshidratado?	Mucho	20	2
	Idóneo	40	4
	Poco	30	3
	Nada	10	1
¿Cuánto le gusta lo dulce del deshidrata? Usted diría que:	Muchísimo	0	0
	Mucho	0	0
	Idóneo	10	1
	Poco	70	7
	Nada	20	2
¿Cuánto le gusta el deshidratado?	Muchísimo	10	1
	Mucho	10	1
	Idóneo	30	3
	Poco	40	4
	Nada	10	1
Usted diría que la consistencia del fruto deshidratada es:	muy duro	0	0
	duro	10	1
	Idóneo	20	2
	poco duro	30	3
	nada duro	40	4
¿Cuanto le gusta la consistencia del deshidratado con azúcar?	Muchísimo	0	0
	Mucho	30	3
	Idóneo	50	5
	Poco	20	2
	Nada	0	0
¿Que le parece la cantidad de semillas que tiene el fruto deshidrata? Diría que tiene:	Muchísimo	40	4
	Mucho	10	1
	Idóneo	50	5
	Poco	0	0
	Nada	0	0
¿Le gusta la cantidad de semillas que tiene el fruto deshidrata?	Muchísimo	40	4
	Mucho	10	1
	Idóneo	20	2
	Poco	30	3
	Nada	0	0
¿Cuanto le gusta el aspecto del fruto deshidrata?	Muchísimo	10	1
	Mucho	40	4
	Idóneo	20	2
	Poco	30	3
	Nada	0	0
¿Cuanto le gusta el deshidratado de pitahaya que acaba de degustar?	Muchísimo	10	1
	Mucho	40	4
	Idóneo	30	3
	Poco	20	2
	Nada	0	0
¿Sería su intención comprar este deshidratado con chile?	Definitivamente si la compraría	20	2
	Probablemente si la compraría	50	5
	Tal vez si, tal vez no la compraría	30	3

	Probablemente no la comprara	0	0
	Definitivamente no la comprara	0	0
La cantidad de acidez usted diría que es:	Muy fuerte	10	1
	Fuerte	20	2
	Idóneo	20	2
	Débil	40	4
	Muy débil	10	1
¿Le gusta el grado de acidez de este deshidratado con chile?	Muchísimo	0	
	Mucho	20	2
	Idóneo	40	4
	Poco	30	3
	Nada	10	1

Grado de aceptación del deshidratado con azúcar. Evaluación sensorial con una escala hedónica verbal de cinco puntos realizada al azar con 10 jueces no entrenados de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

ATRIBUTO	ESCALA	PORCENTAJE	No. DE PERSONAS
En cuanto al color de esta deshidratado con azúcar. Opinaría que es:	Muy oscura	10	1
	Oscura	10	1
	Adecuada	30	3
	Claro	50	5
	Muy claro	0	0
¿Cuanto le gusta el color del deshidratado con azúcar?	Muchísimo	0	0
	Mucho	20	2
	Idóneo	40	4
	Poco	30	3
	Nada	10	1
¿Cuánto le gusta el aspecto del fruto deshidrata con azúcar?	Muchísimo	10	1
	Mucho	40	4
	Idóneo	20	2
	Poco	30	3
	Nada	0	0
¿Cuanto le gusta deshidratado con azúcar de pitahaya que acaba de degustar?	Muchísimo	10	1
	Mucho	40	4
	Idóneo	30	3
	Poco	20	2
	Nada	0	0
¿Sería su intención comprar este deshidratado con azúcar?	Definitivamente si la compraría	20	2
	Probablemente si la compraría	50	5
	Tal vez si, tal vez no la compraría	30	3
	Probablemente no la compraría	0	0
	Definitivamente no la compraría	0	0
¿Cuánto le gusta la	Muchísimo	0	0

consistencia del deshidratado con azúcar?	Mucho	30	3
	Idóneo	50	5
	Poco	20	2
	Nada	0	0
¿Cuánto le gusto el sabor del deshidratado con azúcar?	Muchísimo	10	1
	Mucho	10	2
	Idóneo	30	3
	Poco	40	4
	Nada	10	1

Grado de aceptación del deshidratado con chile. Evaluación sensorial con una escala hedónica verbal de cinco puntos realizada al azar con 10 jueces no entrenados de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

ATRIBUTO	ESCALA	PORCENTAJE	No. DE PERSONAS
En cuanto al color de esta deshidratado con chile. Opinaría que es:	Muy oscura	10	1
	Oscura	60	6
	Idóneo	30	3
	Claro	0	0
	Muy claro	0	0
¿Cuanto le gusta el color del deshidratado con chile?	Muchísimo	10	1
	Mucho	0	0
	Idóneo	50	5
	Poco	40	4
	Nada	0	0
¿En cuanto a lo picante del fruto deshidrata? Usted diría que:	Muchísimo	0	0
	Mucho	0	0
	Idóneo	10	1
	Poco	30	3
	Nada	60	6
¿Cuánto le gusto el sabor del deshidratado con chile?	Muchísimo	0	0
	Mucho	30	3
	Idóneo	60	6
	Poco	10	1
	Nada	0	0
Usted diría que la consistencia del fruto deshidratada es:	muy duro	0	0
	duro	0	0
	Idóneo	40	4
	poco duro	30	3
	nada duro	30	3
¿Cuanto le gusto la consistencia de este deshidratado con chile?	Muchísimo	10	1
	Mucho	50	5
	Idóneo	30	3
	Poco	10	1
	Nada	0	0
Que opina del aspecto del	Muy agradable	0	0

fruto deshidrata con chile? Diría que:	Agradable	30	3
	idóneo	40	4
	Poco agradable	20	2
	Nada agradable	10	1
¿Cuanto le gusto el deshidratado con chile de pitahaya que acaba de degustar?	Muchísimo	10	1
	Mucho	40	4
	Idóneo	40	4
	Poco	10	1
	Nada	0	0
¿Sería su intención comprar este deshidratado con chile?	Definitivamente si la compraría	50	5
	Probablemente si la compraría	50	5
	Tal vez si, tal vez no la compraría	0	0
	Probablemente no la comprara	0	0
	Definitivamente no la comprara	0	0
La cantidad de acidez usted diría que es:	Muy fuerte	0	0
	Fuerte	0	0
	Idóneo	50	5
	Débil	50	5
	Muy débil	0	0
¿Le gusto el grado de acidez de este deshidratado con chile?	Muchísimo	0	0
	Mucho	30	3
	Idóneo	70	7
	Poco	0	0
	Nada	0	0