



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA**

**“DESARROLLO Y APLICACIÓN DE PROCESOS TECNOLÓGICOS  
PARA LA ELABORACIÓN DE CONSERVAS A BASE DE PITAYA  
(*Stenocereus* spp.) DE LA REGIÓN MIXTECA”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**PRESENTA:  
IRMA GONZÁLEZ CRUZ**

**DIRECTOR DE TESIS:  
M.C. PAULA CECILIA GUADARRAMA MENDOZA**

**HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA. ABRIL DE 2006.**

## RESUMEN

Las frutas y hortalizas ofrecen una amplia variedad de alimentos, además de desempeñar un papel muy importante en la dieta humana pues constituyen la fuente principal de vitaminas, minerales y fibra. El problema fundamental de la fruticultura es en buena medida, el carácter perecedero de los productos y las normas de calidad impuestas. Para aprovechar estos productos a largo plazo, es necesario transformarlos mediante el empleo de diferentes métodos de conservación. La tecnología de conservación de los frutos consiste básicamente en cambiar la materia prima de tal forma que los organismos deterioradores, las reacciones químicas y enzimáticas no puedan desarrollarse. Por tal motivo, en el presente trabajo de investigación se llevó a cabo el desarrollo y aplicación de un proceso tecnológico para la elaboración de dos conservas (ate y mermelada) a base de pitaya. Se trabajó con la mezcla de pulpas (1:1) de dos variedades características de la región Mixteca Baja Oaxaqueña: *Stenocereus griseus* (pitaya de mayo) y *Stenocereus stellatus* (xoconostle). Se caracterizó parcialmente la mezcla haciendo un análisis proximal y determinando el pH, grados brix y acidez titulable. La formulación y procedimiento final para cada una de las conservas se logró después de aplicar un método de mejoramiento iterativo variando el tipo de proceso, la relación pulpa-azúcar y la cantidad y tipo de agente gelificante. Al final, se obtuvieron productos con las características sensoriales, fisicoquímicas (pH y porcentaje de sólidos solubles) y microbiológicas características de este tipo de conservas. Al evaluar el ate con 81 jueces no entrenados se encontró que el 95% lo calificaron positivamente, de los cuales el 40% lo calificó en el nivel más alto de “Me gusta mucho”, sólo un 4% contestó que le era indiferente y un 1% que le disgustaba. Para el caso de la mermelada se obtuvieron dos productos con diferentes consistencias. Ambas muestras se evaluaron sensorialmente con 72 jueces no entrenados. Al analizar estadísticamente los resultados se encontró que no hubo diferencia significativa entre los dos productos en cuanto al nivel de agrado, por lo que, se optó por la formulación que daba una mermelada más firme, menos untable y menos fluida, ya que tenía menor cantidad de azúcar en su composición, lo que implicaba un menor costo. El 83 % de los jueces la calificaron positivamente, de los cuales el 50% lo evaluaron en el punto máximo de agrado y sólo al 4.5% les desagradó.

## DEDICATORIAS

A Dios por haberme permitido el milagro de la vida, por ser mi luz, mi fuerza, mi verdad y por dejarme llegar hasta este día.

A mi madre por enseñarme a caminar sin correr, a soñar despierta, a vivir sin arrepentimientos y a gozar cada día de mi vida.

A mi padre por ser mi ejemplo y mi fortaleza en tiempos difíciles, por su entrega, por su cansancio, por su consejo y por sonreír ante lo inevitable.

A mis hermanos: Faby, Blanquis, Ady, Gaby, Anita y Lupita por estar en mis mejores momentos, por su apoyo incondicional y por demostrarme su cariño día a día.

A mis sobrinos: Gaby, Ilse, Mary Fer, Magui, Cheyo, Roy, Maye, Lalo, Gera, Marco, Amayita, Omarcito, Gael y Victor Flavio que con su sonrisa me mostraron lo bello de la vida, por regalarme su pequeño gran corazón sin condiciones, por compartir sus juegos, sus gritos y sus llantos.

A mis cuñadas y cuñados: Berthita, Bridget, Rodrigo, Sergio, Omar y Victor por luchar junto con mis hermanas y hermanos para edificar las familias que hoy tienen, por sus consejos y por compartir bellos momentos.

## AGRADECIMIENTOS

Muy especialmente a mi asesora por su tiempo, esfuerzo, paciencia, consejos, por compartir conmigo su experiencia pero sobre todo por enseñarme a sonreír y a entender que la vida te da lo que mereces y que tarde o temprano te recompensa por lo que eres.

A mis maestros por guiarme en mi formación profesional, por su tiempo, por su paciencia y por su entrega.

A la Universidad Tecnológica de la Mixteca por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente.

A mis amigos: Yanet, Marthita, Brenda y Noé por compartir tantas desveladas, parrandas, buenos y malos momentos, por enseñarme a que la verdadera amistad esta en cada uno de ellos.

A las loquitas: Yaya y Lany por enseñarme lo que significa ser amigas, por compartir momentos especiales, por enseñarme el valor de las cosas y por permitirme entrar en sus vidas.

Al Instituto de Agroindustrias por facilitarme sus instalaciones para el desarrollo de este proyecto.

Al Instituto de Hidrología: Ing. Saúl, M.C. René, Q.B. Corina, I. A. Brenda, M.C. Fidencio, Ing. César, M.C. Gaby, M.C. Gilberto, por su amistad y por apoyarme durante el desarrollo de mi proyecto de tesis.

A Félix y a Rita por demostrarme su amistad y apoyarme en la parte experimental de este proyecto.

Al Sr. Eugenio por facilitarme materia prima para la realización de las conservas.

A todos los que se involucraron de una o de otra manera para que lograra este objetivo de vida.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página.</b>
Resumen.	ii
Dedicatorias.	iii
Agradecimientos.	iv
Índice general.	v
Lista de cuadros.	vii
Lista de figuras.	viii
1. INTRODUCCIÓN.	1
2. ANTECEDENTES.	
2.1. La pitaya.	2
2.1.1. Clasificación taxonómica de la pitaya.	2
2.1.2. Características generales de las variedades: <i>Stenocereus griseus</i> y <i>Stenocereus stellatus</i> .	4
2.1.2.1. <i>Stenocereus griseus</i> .	4
2.1.2.2. <i>Stenocereus stellatus</i> .	7
2.1.3. Composición química de la pitaya.	9
2.1.4. Producción de pitaya en la Mixteca Baja Oaxaqueña.	12
2.1.5. Comercialización de la pitaya.	15
2.1.5.1. Aspectos generales.	15
2.1.5.2. Comercialización regional de la pitaya.	16
2.1.5.3. Comercialización nacional de la pitaya.	18
2.1.5.4. Comercialización mundial de la pitaya.	19
2.1.6. Usos de la pitaya.	19
2.1.6.1. Como producto alimenticio.	19
2.1.6.2. Como colorante.	20
2.2. Tecnología de las conservas.	20
2.2.1. Definición de conserva.	21
2.2.2. Clasificación de las conservas.	22
2.2.3.1. Mermelada.	23

2.2.3.2. Pasta de frutas o ate	26
2.2.4. Procesos tecnológicos para la elaboración de conservas.	27
2.2.5. Aditivos empleados en la elaboración de conservas.	29
3. OBJETIVOS.	
3.1. Objetivo general.	32
3.2. Objetivos específicos.	32
4. MATERIALES Y MÉTODOS.	
4.1. Lugar de desarrollo.	33
4.2. Materias primas.	33
4.3. Reactivos.	35
4.4. Métodos.	
4.4.1. Diagrama general de trabajo.	35
4.4.1.1. Caracterización parcial de la pulpa de la pitaya.	36
4.4.1.2. Selección de la conserva a desarrollar.	36
4.4.1.3. Desarrollo y selección de formulaciones y procedimientos para las conservas.	36
4.4.1.4. Evaluación de las conservas desarrolladas.	38
4.5. Análisis estadístico.	39
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	
5.1. Caracterización parcial de la pulpa de pitaya.	40
5.2. Selección del tipo de conserva a desarrollar.	42
5.3. Desarrollo y selección de formulaciones y procedimientos para las conservas.	43
5.3.1. Selección del proceso general para la elaboración de las conservas.	43
5.3.2. Desarrollo y evaluación de la conserva de ate.	45
5.3.3. Desarrollo y evaluación de la conserva de mermelada.	48
6. CONCLUSIONES.	53
7. PERSPECTIVAS.	54
8. BIBLIOGRAFÍA.	55
ANEXOS.	59

## LISTA DE CUADROS

		Página
Cuadro 1	Clasificación taxonómica de las principales especies de pitayas producidas en México.	4
Cuadro 2	Composición porcentual en base seca del fruto integro y de la pulpa de <i>S. griseus</i> .	10
Cuadro 3	Composición porcentual en base seca del fruto de <i>S. stellatus</i> .	10
Cuadro 4	Comparación de la composición porcentual en base seca de la cáscara, pulpa y semilla de <i>S. griseus</i> .	11
Cuadro 5	Composición química de cinco variedades diferentes de pitaya.	11
Cuadro 6	Análisis químico del jugo extraído de <i>Stenocereus stellatus</i> y <i>Stenocereus griseus</i> .	12
Cuadro 7	Número de plantas en desarrollo y producción de “pitaya” y “xoconostle”.	14
Cuadro 8	Clasificación de las conservas de acuerdo con el tratamiento térmico y la capacidad de conservación.	23
Cuadro 9	Tipo de aditivos que se pueden utilizar para la elaboración de las conservas.	29
Cuadro 10	Diferencias entre los procesos probados.	37
Cuadro 11	Caracterización parcial de la mezcla (1:1) de las pulpas de <i>S.griseus</i> y <i>S.stellatus</i> de la Región Mixteca en comparación con lo reportado por otros autores.	40
Cuadro 12	Comparación de la composición proximal (% base seca) de la mezcla de pulpas de pitaya de la Región Mixteca con respecto a otras variedades.	42
Cuadro 13	Resultados obtenidos después de aplicar los procesos 1,2 y 3 a la mezcla de pulpa de pitaya.	43
Cuadro 14	Formulación final del ate de pitaya.	45
Cuadro 15	Análisis microbiológico del ate.	48
Cuadro 16	Diferencias en la formulación de las mermeladas.	50
Cuadro 17	Análisis microbiológico de la mermelada.	52

## LISTA DE FIGURAS

		<b>Página</b>
Figura 1	Partes de la flor de <i>S. griseus</i> .	6
Figura 2	Partes del fruto y de la semilla de <i>S. griseus</i> .	6
Figura 3	Flor de <i>Stenocereus stellatus</i> .	8
Figura 4	Partes del fruto de <i>S. stellatus</i> .	9
Figura 5	Coloraciones del fruto de <i>S. stellatus</i> .	9
Figura 6	Distribución geográfica de las pitayas en México.	13
Figura 7	Producción de <i>S. stellatus</i> y <i>S. griseus</i> en la región Mixteca.	14
Figura 8	Niveles de producción de pitaya y xoconostle en la región Mixteca.	15
Figura 9	Comercialización regional de <i>Stenocereus</i> spp.	17
Figura 10	Comercialización nacional de <i>Stenocereus</i> spp.	18
Figura 11	Obtención de la pulpa de pitaya.	34
Figura 12	Diagrama general de trabajo.	35
Figura 13	Proceso heurístico para la selección de formulaciones y procedimiento para las conservas.	38
Figura 14	Proceso de elaboración del ate de pitaya.	46
Figura 15	Nivel de agrado del ate.	47
Figura 16	Proceso de elaboración de la mermelada de pitaya.	49
Figura 17	Nivel de agrado de la mermelada.	52

## 1. INTRODUCCIÓN

Las cactáceas son plantas originarias del continente Americano y se encuentran distribuidas a todo lo largo y ancho del mismo. México durante varios años ha sido un centro de establecimiento y diferenciación muy importante para esta familia, encontrándose una gran cantidad de endemismos y una variación indiscutible de formas, adaptaciones y tipos biológicos, acordes con la gran diversidad climática del país. Un ejemplo de una cactácea son los pitayos los cuales producen un fruto denominado pitaya. El término pitaya o cualquiera de sus variantes regionales (pitalla, pitahaya, pitahalla, pitajalla o pitajaya) provienen de la lengua antillana. Fue introducida al territorio mexicano por medio de los conquistadores españoles y posteriormente propagada por los colonizadores (Sánchez, 1984; Bravo y Sánchez, 1991). En un inicio este término se usó indistintamente para referirse al fruto de numerosas cactáceas, en su mayoría de tallos cilíndricos, erguidos, columnares o muy ramificados y candeliformes, a los cuales les llamaron “candelabros”, “cirios” u “órganos” y después “pitayos” por producir dicha fruta. Sin embargo, actualmente, el término pitaya se usa exclusivamente para designar a los frutos del género *Stenocereus* y el término pitahaya para los frutos del género *Hylocereus* (Sánchez, 1984) .

La Mixteca Oaxaqueña se caracteriza por ser una región árida que permite el desarrollo y cultivo de diversas especies de cactáceas, como es el caso del órgano columnar *Stenocereus*. El fruto exótico y delicioso de esta planta es la llamada pitaya que es una baya de mesocarpio de diferentes colores (rojo, amarillo, blanco o fucsia), de epicarpio gomoso con espinas y semillas negras. Actualmente este fruto rico en proteínas y fibra, sólo se comercializa y consume de forma fresca en las zonas donde se cultiva y únicamente en las temporadas de cosecha (abril-junio y septiembre-octubre). Esto se debe principalmente a que una vez que se le quitan las espinas, los procesos de maduración se desencadenan rápidamente, alcanzando en pocos días (2-3) su descomposición. Con la finalidad de ampliar su distribución, comercialización, alternativas de consumo y prolongación de la vida de anaquel, se planteó como objetivo en este trabajo de investigación el desarrollo y aplicación de procesos tecnológicos para la elaboración de conservas a base de *Stenocereus* spp. de la región Mixteca.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 LA PITAYA

#### 2.1.1 Clasificación taxonómica de la pitaya

El estudio taxonómico de las cactáceas actualmente se encuentra en proceso de desarrollo. Es importante remarcar que todavía se presentan divergencias en cuanto a ciertos niveles de organización. Por ejemplo, mientras que algunos consideran a una especie dentro de un género o subtribu otros la definen en otro diferente. Esto se debe fundamentalmente a que existen ciertas características que para algunos autores han generado como consecuencia una evolución convergente que ha dado lugar a la evolución de distintos grupos. Además, de que existen pocos estudios dedicados exclusivamente a la filogenia de las cactáceas (Mercado y Granados, 1999). Sin embargo, actualmente se ha establecido que la familia de las cactáceas (*Cactaceae*) está constituida por tres subfamilias: *Pereskioideae*, *Opuntioideae* y *Cereoideae* (Bravo, 1978). A su vez, dentro de la subfamilia *Cereoideae* se encuentra a la tribu *Pachycereae* que incluye a la subtribu *Pachycereinae* y *Stenocereinae* (Gibson y Horak, 1978).

En la subtribu *Pachycereinae* se encuentran dos géneros que presentan especies productoras de pitayas: *Pachycereus* y *Neobuxbaumia*. El primer género presenta varias especies de las cuales tres de ellas: *P. pringlei*, *P. pectenaboriginum* y *P. grandis* presentan frutos que son llamados “pitaya cardón”, “pitaya de hecho” o “pitaya espinosa”, respectivamente. La primera especie se encuentra en Sonora y Baja California, la segunda desde Sinaloa hasta Oaxaca y la última en Morelos y Puebla. Otra especie conocida como *P. webei* se encuentra distribuida en el sur de México, Puebla y Oaxaca. Las semillas de este fruto son molidas y mezcladas con maíz para la elaboración de tortillas (Sánchez, 1993). Una quinta especie, *P. hollianus*, es llamada comúnmente “pitaya babosa” y se distribuye por Puebla y Oaxaca (Sánchez, 1984). En el género *Neobuxbaumia* se encuentran dos especies de importancia económica y alimenticia: *Neobuxbaumia tetetzo* y *Carneguia gigantea*. *Neobuxbaumia tetetzo* es nativa de los estados de Puebla y Oaxaca, produce frutos secos que se comercializan a nivel local, bajo el nombre de “tetetzos” o “higos de tetetzo”. También, se consume el botón floral como verdura (Sánchez, 1984). Por otro lado, el “sahuaro” o “saguaro” (*Carneguia gigantea*) es una planta endémica del

desierto de Sonora, produce una pitaya comestible de buen sabor que fue importante durante la alimentación y cultura de los indígenas (Felger y Moser, 1974a y 1976; Bruhn, 1971). Sin embargo, la subtribu de mayor importancia de la subfamilia *Cereoideae* es la *Stenocereinae* debido a que produce a las pitayas que tienen el mayor valor comercial dentro del mercado. Bravo (1978) considera que esta subtribu está compuesta de cinco géneros dentro de los cuales se encuentra *Stenocereus*, la cual a su vez agrupa a las especies productoras de los frutos denominados “pitayas verdaderas” (Sánchez, 1984). Bravo y Sánchez (1991) argumentan tres diferencias importantes para la clasificación de los tres primeros géneros (*Stenocereus*, *Carnegiea* y *Lophocereus*) que son: el hábito de crecimiento, el fruto y los podarios del pericarpelo.

En el género *Stenocereus* están comprendidas las especies de mayor valor comercial y las de mejor sabor. Está constituido por 24 especies de las cuales en México se encuentran 19 distribuidas en casi todo el país (cuadro 1) (Bravo y Sánchez, 1991). La etimología de *Stenocereus* deriva de las palabras “steno” que significa delgado y “cereus” que alude a cirio, vela de cera larga y gruesa (Pimienta, 1999). Bravo y Sánchez (1991) describen al género *Stenocereus* como plantas arborescentes, frecuentemente grandes, con tronco definido y ramificado desde la base con costillas de 5 a 20 en cada tallo. Sus flores se encuentran en las areolas cercanas al ápice; su fruto es carnoso con pericarpio provisto de areolas lanosas y regularmente espinosas, las cuales caducan con el tiempo, sus semillas son grandes y de color negro.

Martínez (1993) refiere que el origen de los ancestros del género *Stenocereus* se localiza en el Caribe y norte de América del Sur. Se considera que emigraron al norte hasta llegar a México, donde se establecieron y obligados por las condiciones ecológicas evolucionaron en forma muy diversa. Los restos más antiguos encontrados de esta especie corresponden a los hallazgos hechos en Tehuacan, Puebla, en las especies *S. treleasei* y *S. pruinosus*, cuyos restos se les atribuye una antigüedad de los años 3500 a 2500 y 6500 a 4500 a. C., respectivamente. En la Mixteca de Cárdenas, Oaxaca la pitaya ha adquirido una gran relevancia en los últimos años, ya que existen cerca de 46000 plantas de *Stenocereus* spp. ubicadas en 13 poblados, beneficiándose cerca de 2000 familias (Llamas, 1984). Las especies más representativas en la región Mixteca Oaxaqueña son *Stenocereus griseus* (*S. griseus*) conocida también con el nombre de “pitaya de mayo” y *Stenocereus stellatus* (*S.*

*stellatus*), llamada comúnmente “xoconostle”. La primera se caracteriza por ser una fruta muy dulce y de gran tamaño, con espinas en el pericarpio que se caen al madurar; presenta una variedad de colores y formas, su temporada de cosecha comienza en el mes de abril y termina en el mes de mayo. El xoconostle o pitaya agria es de sabor agridulce, de menor tamaño que la pitaya de mayo, su pulpa puede ser de diferentes colores: blanca, amarilla, roja y solferina (Olvera 2001).

**Cuadro 1. Clasificación taxonómica de las principales especies de pitayas producidas en México (Fuente: Bravo, 1978).**

REINO	Vegetal
SUBREINO	<i>Embriophyta</i>
DIVISIÓN	<i>Angiospermae</i>
CLASE	<i>Dicotyledoneae</i>
ORDEN	<i>Cactales</i>
FAMILIA	<i>Cactaceae</i>
SUBFAMILIA	<i>Cactoideae</i>
TRIBU	<i>Pachycereae</i>
SUBTRIBU	<i>Stenocereinae</i>
GENERO	<i>Stenocereus</i>
ESPECIES (algunas)	<i>S. beneckeii, S. eichlamii, S. arginatus, S. queretaroensis, S. treleasei, S. chacalapensis, S. fricii, S. martinezii, S. quevedonis, S. thurberi, S. chrysocarpus, S. griseus, S. montanus, S. standleyi, S. weberi, S. dumortieri, S. laevigatus, S. pruinosus, S. stellatus</i>

## 2.1.2 Características generales de las variedades: *S. griseus* y *S. stellatus*

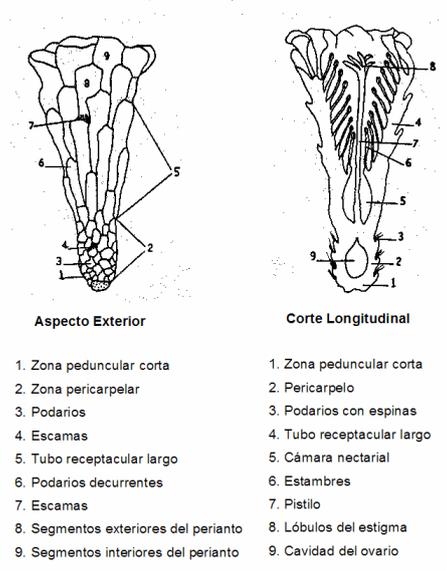
### 2.1.2.1 *Stenocereus griseus*

*Stenocereus griseus* produce el fruto llamado “pitaya de mayo” o “pitaya de mitla”, esta especie de acuerdo con Britton y Rose (1937) y con Bravo (1978) es de origen antillano, introducida posteriormente a México. Sin embargo, Meyran (1984) y Sánchez (1984) afirman que en la Huasteca Potosina existen grandes extensiones donde esta especie crece abundantemente, por lo que parece ser una especie autóctona.

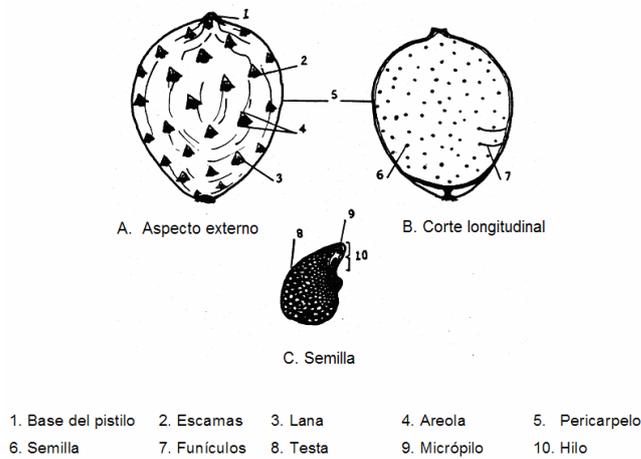
Bravo (1978) menciona que esta especie se caracteriza por ser una planta arborescente de 6 a 9 m de altura, ramosa, con tronco bien definido, con aproximadamente 35 cm de diámetro y con ramas desde la base. Dichas ramas son de color verde más o menos glauco, generalmente erectas; costillas de 8 a 10, areolas distantes entre sí de 2 a 3 cm de 8 mm de longitud, con fieltro moreno que con el tiempo cambia a grisáceo. Las espinas son subovaladas y radiales de 10 a 11 y de 6 a 10 mm de longitud. En el centro de las areolas se encuentran 3 espinas centrales más gruesas que las radiales y de 15 mm de longitud, al principio de color rojo claro con la punta oscura y después cambian a grisáceos.

Las flores adquieren forma de tubo o campana, miden hasta 12 cm de longitud y 6.5 cm de diámetro en la parte terminal, con segmentos exteriores del perianto rojizos y segmentos interiores del perianto blancos o verde amarillentos, el botón floral es obtuso o redondeado, con el ápice cubierto por escamas obtusas y morenas (figura 1). Específicamente en el género *Stenocereus* después de la fecundación o antésis parte de la flor o perianto se marchita y cae, desprendiéndose arriba del pericarpelo y abajo del androceo dejando una cavidad umbilicada (Bravo, 1978).

El fruto de la “pitaya de mayo” (*S. griseus*) se considera una baya unilocular polispérmica, que se origina de una flor con ovario ínfero, localizado dentro de la parte final de un tallo modificado (Boke, 1964 y Bravo, 1978). La forma del fruto generalmente es globosa a ligeramente ovoide de 6 a 11 cm. de longitud y de 5 a 7 cm de diámetro. Está cubierto con una cáscara o pericarpio delgado y suave en la madurez, provisto de areolas con cerdas, espinas o pelos que caducan al madurar el fruto (figura 2) (Bravo, 1978 y Sánchez, 1984). El color del fruto varía desde el verde amarillento hasta el rojo púrpura. La pulpa es jugosa, rica en proteínas y muy azucarada. En su contenido químico destaca la presencia de colorantes (betacianinas y betaxantinas) con las adecuadas propiedades bromatológicas para la elaboración de productos alimenticios.



**Figura 1. Partes de la flor de *S. griseus* (Fuente: Martínez, 1993).**



**Figura 2. Partes del fruto y de la semilla de *S. griseus* (Fuente: Martínez, 1993).**

Las semillas de los frutos del género *S. griseus* son muy pequeñas, de aproximadamente 2 a 2.5 mm de longitud por 1.1 a 1.5 mm de diámetro, de forma más o menos piriforme y de color negro o castaño oscuro. Constan en su estructura de un embrión, perisperma, testa, micrópilo e hilo (figura 2). En el primordio de la planta, se encuentran esbozados los órganos fundamentales de la misma, es decir, el embrión. La testa de las semillas se origina y consta de dos tegumentos cada tegumento consta a su vez de dos capas de células que aumentan en la región micropilar. En el tegumento interno existe una pequeña abertura que es el micrópilo, sus células contienen abundantes taninos que son los responsables de la

dureza y el color oscuro en la testa, se define como un poro pequeño por el cual sale la radícula del embrión en la germinación.

#### **2.1.2.2 *Stenocereus stellatus***

El fruto de *S. stellatus* se conoce regionalmente con el nombre de “xoconostle” o “pitaya agria”. A nivel mundial esta especie se distribuye desde el extremo sur de los Estados Unidos, México y las Antillas, extendiéndose hasta Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Brasil. En México se distribuye en Puebla, Oaxaca y Morelos. En el estado de Oaxaca se encuentra en la parte norte y noreste del mismo (Piña, 1977).

Es una cactácea arborescente, de mediana altura, de 2 a 3 m, ramosa desde la base, los ejemplares bien desarrollados suelen tener troncos definidos, aunque cortos, llegando a medir más de 4 m de altura. Tiene ramas erectas, con 8 a 12 costillas obtusas de aproximadamente 2 cm de alto, onduladas. Areolas distantes entre sí de 1 a 2 cm espinas radiales en número de 9 a 13, grisáceas con la punta obscura y radiada. Generalmente con espinas centrales divergentes hacia arriba y una dirigida hacia abajo, más gruesas y largas que las espinas radiales, en ocasiones miden más de 5 cm de largo, de color grisáceo, en las areolas floríferas suele haber además algunas espinas setosas.

Las flores de *S. stellatus* aparecen en el ápice de las ramas, son de forma tubular o bien campanulada, de color rosa pálido, de 5 a 6 cm de largo. El pericarpelo tiene podarios prominentes provistos en su ápice de escamas pequeñas que tienen dos cerdas con o sin lana (figura 3). Los estambres primarios se encorvan en su base de manera que cierran la cámara nectarial, presenta numerosos óvulos con funículos ramificados, anteras color crema y estilo de la misma longitud que el tubo. Una característica típica de esta especie es que después de la antésis la flor se seca y permanece adherida al fruto (Bravo, 1978).

*Stenocereus stellatus* produce un fruto llamado “pitaya agria” o “xoconostle” que es considerado como una baya con un ovario inferior localizado dentro de la parte final de un tallo modificado (figura 4) (Boke, 1964).

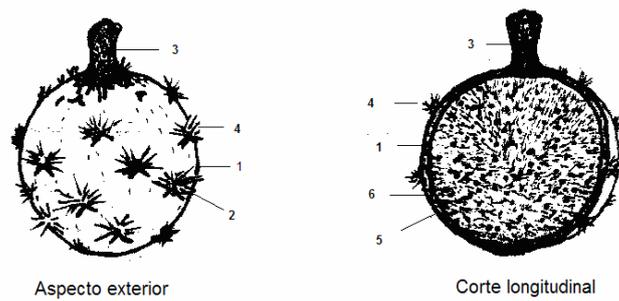
La estructura típica del fruto de acuerdo con Buxbaum (1955) está integrada de la siguiente manera:

- a) Los carpelos se encuentran dentro de la parte baja y axial del tubo floral.
- b) Los carpelos son peltados y la zona del pedúnculo está desplazada hacia arriba por el crecimiento del pericarpelo, con la placentación en la parte interna y baja de este último.
- c) La superficie interna del ovario, particularmente la placenta y en algunas ocasiones el funículo, está cubierta de cabellos papilares que forman un pseudo parénquima.
- d) Los funículos se encuentran bien desarrollados y gruesos, particularmente debajo de la semilla.



A. Aspecto Exterior	A. Corte Longitudinal
1. Pericarpelo	1. Pericarpelo
2. Tubo receptacular	2. Tubo receptacular
3. Segmentos exteriores del perianto	3. Segmentos exteriores del perianto
	4. Segmentos interiores del perianto
	5. Ovario
	6. Cámara nectarial
	7. Estambres
	8. Estilo
	9. Lóbulos del estigma

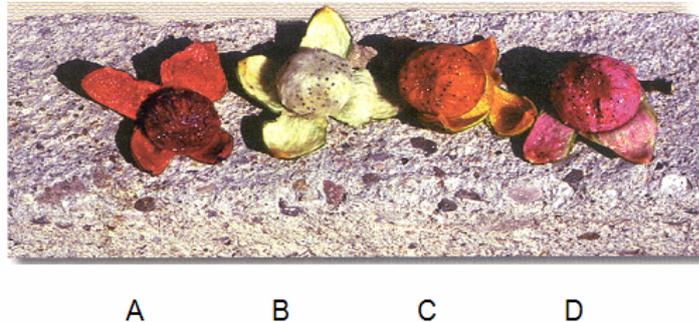
**Figura 3. Flor de *Stenocereus stellatus* (Fuente: Cruz, 1985).**



1. Pericarpelo (cáscara). 2. Escamas. 3. Parte de la flor seca y adherida al fruto (androceo, gineceo y perianto). 4. Espinas setosas y caducas. 5. Semillas. 6. Pulpa

**Figura 4. Partes del fruto de *S. stellatus* (Fuente: Cruz, 1985).**

El fruto en su madurez es una baya globosa de mesocarpio de diferentes colores, con espinas setosas caducas, semillas pequeñas rugosas y con testa negra (figura 5) (Boke, 1964).



**Figura 5. Coloraciones del fruto de *S. stellatus* (Fuente: Granados et al, 1999).**

### 2.1.3 Composición química de la pitaya

De los estudios bromatológicos que se le han realizado a la pitaya se ha encontrado que es un fruto importante desde el punto de vista nutricional ya que es rico en fibra y en proteína, en comparación con otros frutos. Por ejemplo, en el cuadro 2 se puede apreciar que el fruto

íntegro y la pulpa de *S. griseus* son ricos en proteína y en fibra cruda (Bravo y Sánchez, 1991).

**Cuadro 2. Composición porcentual en base seca del fruto íntegro y de la pulpa de *S. griseus* (Fuente: Bravo y Sánchez, 1991).**

Componente	Fruto íntegro	Pulpa
Proteína	6.93	9.07
Fibra cruda	16.76	23.15
Cenizas	6.67	3.23
Grasas	1.00	0.84
Extracto libre de nitrógeno	68.64	63.71
(Humedad)	(84.13)	(85.79)

**Cuadro 3. Composición porcentual en base seca del fruto de *S. stellatus* (Fuente: Bravo y Sánchez 1991).**

Componente	% B.S.
Proteínas	7.33
Fibra cruda	1.83
Cenizas	3.54
Grasas	2.07
Extracto libre de nitrógeno	85.23
(Humedad)	(86.33)

Se puede apreciar que la cáscara de pitaya tiene un contenido similar en proteína, fibra y grasa a la pulpa del fruto de *S. griseus*. En el caso de la semilla el valor de la proteína se incrementa casi tres veces con respecto al contenido en pulpa o cáscara (cuadro 4).

**Cuadro 4. Comparación de la composición porcentual en base seca de la cáscara, pulpa y semilla de *S. griseus* (Fuente: Martínez, 1993).**

Porción	% Proteína	% Fibra cruda	% Grasa
Cáscara	8.39	13.54	0.64
Pulpa	9.15	14.75	0.70
Semilla	21.75	5.09	1.69

Al observar el contenido de cada una de las fracciones se puede mencionar que el principal componente tanto para la cáscara como para la pulpa es el agua con valores que varían de un 80 a un 86 %.

El segundo componente mayoritario en el fruto de la pitaya es el contenido de carbohidratos asimilables que varían desde un 60 hasta un 70 % de la composición en base seca. En el cuadro 5 se muestra una comparación de la composición de azúcares (totales y reductores), pH, acidez y contenido de proteína en base húmeda para las diferentes variedades de la pitaya.

**Cuadro 5. Composición química de cinco variedades diferentes de pitaya (Fuente: Acosta, 2000).**

Variedad	pH	Acidez (%) (ácido cítrico)	Azúcares Totales (%)	Azúcares Reductores (%)	Contenido proteico de la pulpa g/Kg.
Amarilla	3.9	0.50	11	10	1.3
Blanca	4.7	0.18	11	11	0.2
Mamey	5.0	0.15	10	9	0.5
Morada	4.6	0.29	11	10	1.1
Roja	4.9	0.17	10	10	1.4

En el cuadro 6 se muestra la composición química del jugo extraído de las pitayas de *S. griseus* y *S. stellatus* según Bravo y Sánchez (1991). Se puede apreciar que el jugo de *S. stellatus* es más ácido con respecto al de *S. griseus*. Además, su contenido de sólidos en suspensión es menor.

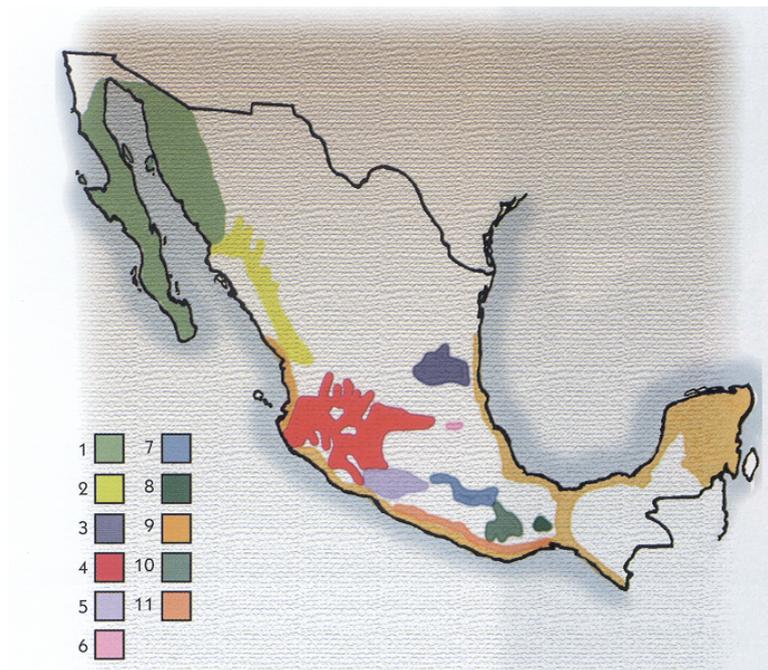
**Cuadro 6. Análisis químico del jugo extraído de *Stenocereus stellatus* y *Stenocereus griseus* (Fuente: Bravo y Sánchez, 1991).**

Análisis	<i>S. stellatus</i>	<i>S. griseus</i>
Acidez titulable expresada como ácido cítrico	0.64 g/ 100 ml	0.115 g / 100 ml
pH	3.95	5.20
Sólidos disueltos a 20°C	9.10 %	12.2 %
Sólidos en suspensión	0.685 g / 100 ml	4.0 g / 100 ml
% Azúcares reductores	7.9	8.12
% Azúcares totales	8.1	8.61
Vitamina C	11.72 mg/100 ml	21.7 mg / 100 ml

#### 2.1.4 Producción de pitaya en la Mixteca Baja Oaxaqueña

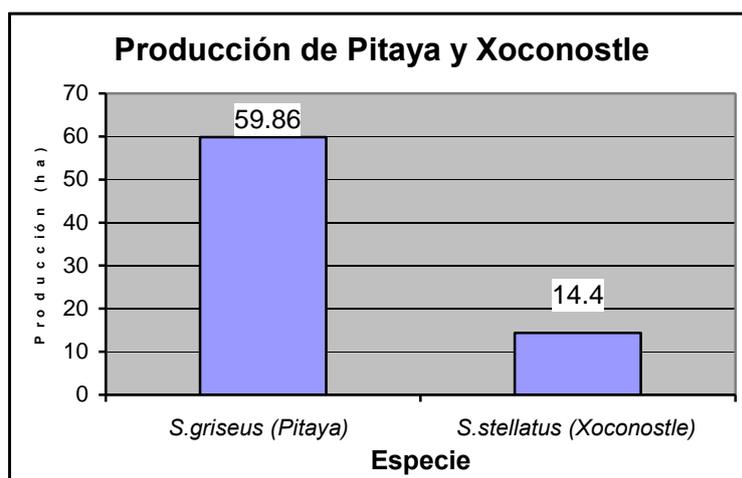
Como ya se mencionó anteriormente, en México se cultivan 19 especies de pitaya. En la figura 6 se muestra la distribución geográfica para cada una de estas especies en las distintas regiones productoras de este fruto. Por ejemplo, en la región 7 se encuentra localizada la región Mixteca Baja Oaxaqueña, la cual principalmente cultiva y produce comercialmente a dos especies de pitaya: 1) *S. griseus* conocida localmente como “pitaya de mayo” y 2) *S. stellatus* denominada xoconostle (Olvera, 2001).

En la región Mixteca los principales municipios que cultivan la pitaya son: Asunción Cuyotepeji, Santiago Miltepec, San Pedro y San Pablo Tequixtepec, Santiago Chazumba y Santa Gertrudis Cosoltpec. Actualmente, se tiene estimado que la superficie de plantaciones de pitaya es de 163.35 ha, es decir, cerca de 177,886 plantas, de las cuales el 80.60% está sembrado por “pitaya de mayo” (143,338 plantas) y el resto por la especie de *S. stellatus* (34,498 plantas) (figura 7) (Olvera, 2001). Este comportamiento se debe a que en el mercado se acepta más a la especie de *S. griseus* debido a sus características sensoriales.



1. Zona Desierto de Sonora: *Stenocereus thurberi*, *Stenocereus gummosus*, *Stenocereus alamosensis*, *Pachycereus pringlei*, *Pachycereus schotti* y *Carnegiea gigantea*.
2. Zona Costa de Sinaloa y Cañadas: *Stenocereus montanus*, *Stenocereus martinezii*, *Stenocereus kerberi* y *Pachycereus pecten-aboriginum*.
3. Zona Desierto Potosino-Tamaulipeco: *Stenocereus griseus*, *Pachycereus marginatus* y *Myrtilocactus geometrizans*.
4. Zona Nueva Galicia: *Stenocereus queretaroensis*, *Stenocereus standleyi*, *Pachycereus pecten-aboriginum* y *Stenocereus dumortieri*.
5. Zona Bajo Balsas: *Stenocereus chrysocarpus*, *Stenocereus quevedonis*, *Stenocereus friccii*, *Stenocereus queretaroensis*, *Backbergia militaris*, *Pachycereus pecten-aboriginum*, *Pachycereus weberi*, *Escontria chiotilla* y *Myrtilocactus geometrizans*.
6. Zona Barranca de Mezquitlán: *Stenocereus dumortieri*, *Pachycereus marginatus*, *Myrtilocactus geometrizans* y *Cephalocereus senilis*.
7. Zona Alto Balsas y Mixteca Baja: *Stenocereus pruinosus*, ***Stenocereus stellatus***, ***Stenocereus griseus***, *Stenocereus dumortieri*, *Pachycereus marginatus*, *Pachycereus grandis*, *Escontria chiotilla*, *Neobuxbaumia mezcalaensis*, *Pachycereus weberi* y *Myrtilocactus geometrizans*.
8. Zona del Desierto de Tehuantepec: *Stenocereus pruinosus*, *Escontria chiotilla*, *Cephalocereus pilosus* y *Pachycereus sp.*
9. Zona Costa del Trópico Semihúmedo: *Selenicereus spp.*, *Hylocereus spp.* y *Stenocereus laevigatus* (este último en la costa de Oaxaca y Chiapas).
10. Zona Cañada de Cuicatlán y Valles Centrales: *Stenocereus pruinosus*, *Stenocereus stellatus*, *Pachycereus hollianus*, *Neobuxbaumia tetetzo*, *Escontria chiotilla* y *Myrtilocactus geometrizans*.
11. Zona Costa Sur de México: *Stenocereus chacalapensis*, *Stenocereus laevigatus* y posiblemente *Stenocereus deficiens*

**Figura 6. Distribución geográfica de las pitayas en México (Fuente: Granados et al, 1999).**



**Figura 7. Producción de *S. stellatus* y *S. griseus* en la región Mixteca (Fuente: Olvera, 2001).**

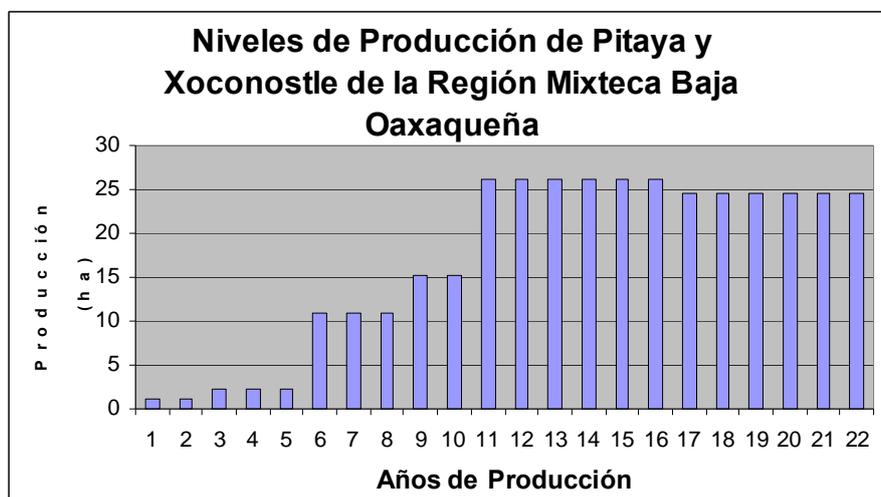
Es importante mencionar que de la superficie total de las plantaciones establecidas, el 54.53% de las plantas se encuentra en la etapa de desarrollo y el 45.47% restante ya se encuentra en etapa de producción (cuadro 7) (Olvera, 2001).

**Cuadro 7. Número de plantas en desarrollo y producción de “pitaya” y “xoconostle” (Fuente: Olvera 2001).**

Especie	Desarrollo	Producción	Total
<i>S. griseus</i> (“pitaya de mayo”)	78,201	65,187	143,338
<i>S. stellatus</i> (“xoconostle”)	18,817	15,681	34,498
Total	97,018	80,868	177,886

Por otro lado, existen diferentes niveles de producción a lo largo de la etapa productiva de la plantación dependiendo principalmente de la edad. Por ejemplo, se ha visto que cuando inician las primeras producciones, el rendimiento por hectárea es menor que cuando se encuentran en la plenitud de su etapa productiva y al final de dicha etapa sus rendimientos vuelven a bajar. Además, se debe de considerar que por condiciones ambientales, en ciertos años o temporales se incrementan o disminuyen los rendimientos. En la figura 8 se muestran los niveles promedios de producción a lo largo de los 22 años de vida productiva

de la plantación en la región Mixteca. Por lo tanto, se ha estimado que el promedio anual de producción de pitaya en la región Mixteca baja Oaxaqueña es de 17.07 ton/ha (Olvera, 2001).



**Figura 8. Niveles de producción de pitaya y xoconostle en la región Mixteca (Fuente: Olvera, 2001).**

## 2.1.5 Comercialización de la pitaya

### 2.1.5.1 Aspectos generales

En México, actualmente existen distintos niveles en la explotación del recurso de la pitaya. En algunos lugares sólo se recolecta para el consumo familiar, sin embargo, generalmente la recolección se hace para la venta en los mercados locales. Por otro lado, hay quienes cultivan las plantas productoras en huertos familiares para vender y consumir sus frutos y otros han establecido el cultivo con fines comerciales. Es importante señalar que la inversión es prácticamente nula, aún en huertos comerciales, así mismo, cuando los recolectores rentan las "pitayeras".

Por lo tanto, el establecer un huerto de pitaya trae los siguientes beneficios (Olvera, 2001):

- 1) Se aprovechan terrenos poco aptos para la agricultura de temporal y de riego.
- 2) Se ahorra tiempo y energía al evitar caminatas largas hacia las zonas de recolección.
- 3) La selección de plantas de mayor calidad aumenta la producción en cantidad y calidad del producto.
- 4) Aplicación de un manejo técnico adecuado para este cultivo, lo cual se traduce en una mayor producción.
- 5) Clasificación adecuada por variedades en las plantaciones.

La comercialización es una de las fases más importantes que existen dentro de la producción para el caso del sector agrícola y específicamente para la producción de pitaya (*Stenocereus* spp.), ya que es indispensable para establecer la rentabilidad de la producción. Dependiendo de las formas que se tengan para comercializar la pitaya serán los niveles de rentabilidad que se obtengan en el cultivo de esta especie vegetal (Olvera, 2001).

#### **2.1.5.2 Comercialización regional de la pitaya**

En la región Mixteca Oaxaqueña existen dos vías principales de comercialización mediante las cuales los productores colocan a la pitaya: 1) en un centro de acopio formado por la Unión de Ejidos y Comunidades “Dichi Cuaha” y 2) en el canal de comercialización de los intermediarios.

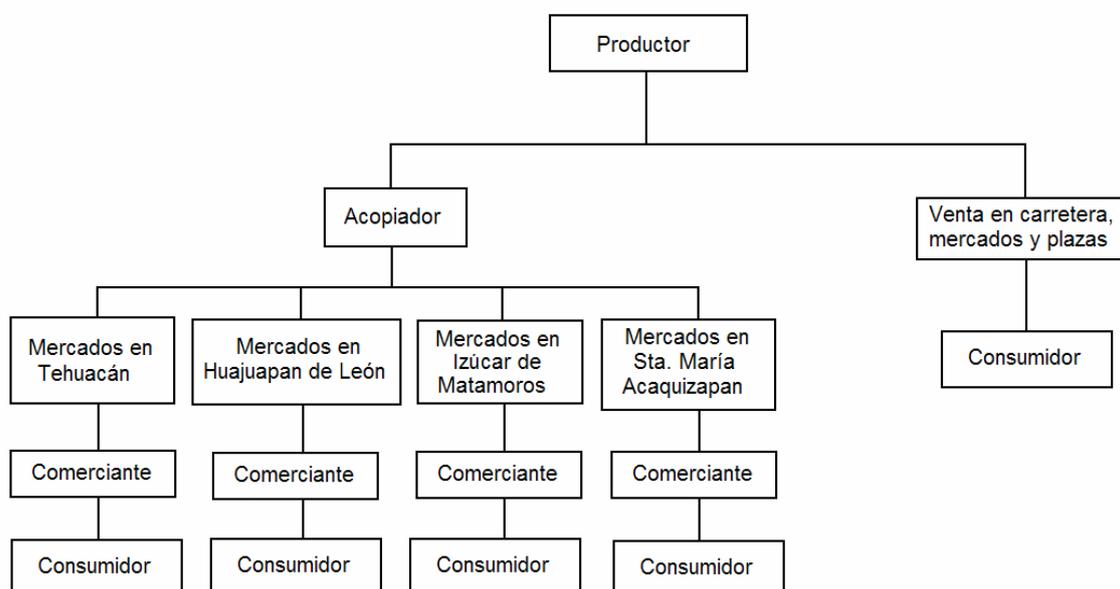
El centro de acopio es utilizado solamente por los socios de la unión, en donde el mercado de venta es generalmente la Central de Abastos en la ciudad de México y en los mercados regionales como son en la ciudades de Huajuapán de León, Tehuacán, Izúcar de Matamoros y Acatlán de Osorio.

El intermediario define sus proveedores de materia prima en cada comunidad de la región, ya que maneja varios centros de distribución o mercado destino (figura 9). Comúnmente entregan el fruto aún con espinas cada tercer día en su comunidad de origen en canastos de carrizo o cajas de madera. Se pesa y se le proporciona al productor una boleta especificando la cantidad vendida, la cual se pagará en la próxima visita del intermediario. Por ejemplo, el volumen que se comercializó en el año 2000 fue de 638.5 ton (60% de la

producción) de las cuales el principal canal de comercialización fue sin duda el intermediario.

Para la región de la Mixteca existen aproximadamente 20 intermediarios, los cuales en conjunto comercializan 622.5 ton, es decir, en promedio un intermediario comercializa alrededor de 31 ton durante la época de cosecha (mes de mayo).

Dentro de los principales destinos destacan las ciudades de Tehuacan, Acatlán y Huajuapán, con un volumen aproximado de 478.5 ton (75 %). Por lo que se puede concluir que la comercialización de la pitaya es meramente regional, ya que sólo el 7.2 % del volumen es comercializado en la ciudades de México y Puebla (Ventura, 2001).



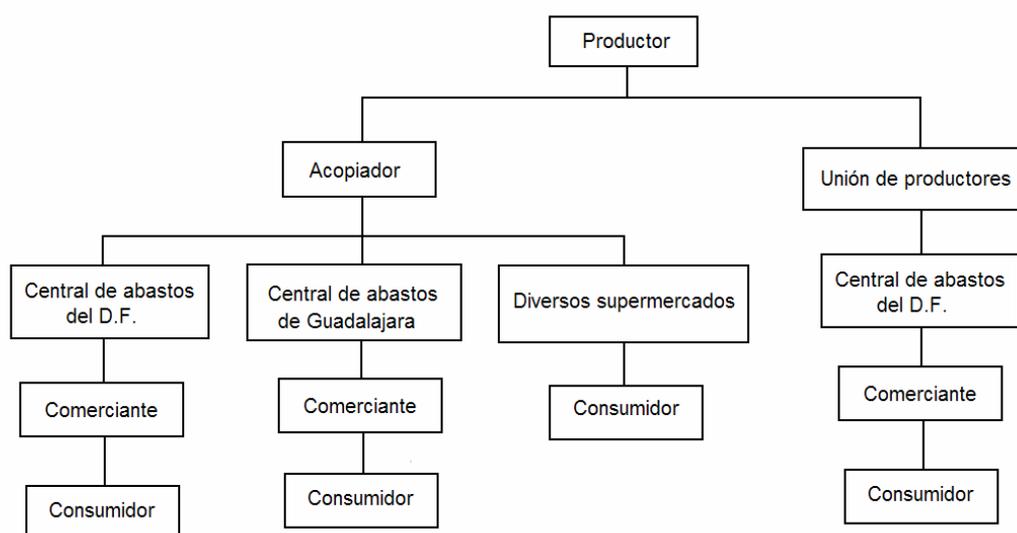
**Figura 9. Comercialización regional de *Stenocereus* spp. (Fuente: Ventura, 2001).**

### 2.1.5.3 Comercialización nacional de la pitaya

La comercialización en el mercado nacional se realiza por medio de las uniones de ejidos y en algunos casos por la Compañía Cosmo S.A. de C.V. (figura 10) (Ventura, 2001). La Compañía Cosmo S.A de C.V. es una importante empresa comercializadora de productos agrícolas, que se encarga de comercializar diferentes frutas y verduras, incluso aquellas consideradas exóticas como es el caso de las pitayas.

La comercialización de este fruto en el mercado nacional, debe ser rápida y en condiciones apropiadas para que el producto no llegue en mal estado, debido a que es un alimento perecedero y a las espinas.

El empaque que se utiliza para transportarla son cajas de reja de madera de 25 Kg. de peso y con una capacidad para 140 pitayas con espinas como máximo o bien 130 en promedio y se envía a la central de abastos de la ciudad de México y en algunos casos a la central de abastos de Guadalajara.



**Figura 10. Comercialización nacional de *Stenocereus* spp. (Fuente: Ventura, 2001)**

#### 2.1.5.4 Comercialización mundial de la pitaya

Está claramente identificada la creciente demanda de la pitaya en el mercado internacional. Sin embargo, todavía es difícil participar debido a que muchas de las condiciones necesarias para que se de la exportación del fruto no se han cubierto. Dentro de los principales puntos que se necesitan satisfacer se encuentran: el cumplimiento de las especificaciones del producto, la realización de los trámites correspondientes para validar una exportación y el mantener un suministro continuo del producto a lo largo de todo el año independientemente del ciclo de producción (Ventura, 2001). Por ejemplo, al analizar las

épocas de producción y cosecha el primer periodo de producción inicia en la última semana de abril y termina la primera semana de junio, que es un lapso de mes y medio, en el cual se produce la “pitaya de mayo” (*S. griseus*). El segundo periodo de producción para la variedad conocida como “xoconostle” (*S. stellatus*) inicia la última semana de agosto y termina la primera semana de noviembre, teniendo un periodo de producción de aproximadamente dos meses y medio. Por lo tanto, el suministro continuo no ha sido posible, ya que para exportar se requeriría de mandar muestras del fruto al mercado externo al iniciar la época de producción. Una vez que fuera aceptado el producto en el mercado, seguramente la época de producción estaría terminando. Por lo que, todo esto ha traído como consecuencia grandes problemas para incursionar en el mercado externo con estas especies de pitaya.

## **2.1.6 Usos de la pitaya**

### **2.1.6.1 Como producto alimenticio**

Las cactáceas son plantas que tienen numerosos y variados usos, sin embargo, se han aprovechado principalmente como alimento, ya sea utilizando sus frutos (tuna o pitaya), sus tallos (nopales y dulces de biznaga) o sus flores las cuales se emplean como verdura. Por ejemplo, los Seris consumían raíces de la cactácea *Neovancia striata* como verdura en época de escasez de alimento y aprovechaban las semillas de varias cactáceas del desierto de Sonora como el sahuaro (*Carnegia gigantea*), el cardón (*Pachycereus pringlei*) y la pitaya agria (*Machaerocereus gummosus*) (Felger y Moser, 1974a., 1974b. y 1976).

En el caso del pitayo, la principal parte comestible corresponde a los frutos que produce conocidos como pitayas. Estos frutos se consumen generalmente en forma fresca o se pueden utilizar para la preparación de aguas frescas, helados o nieves. También, se han desarrollado algunos productos como son licores, concentrados de pitaya que se venden como base de productos en panificación y lácteos.

### **2.1.6.2 Como colorante**

Los principales pigmentos presentes en las cactáceas son las clorofilas, los carotenoides y los compuestos fenólicos. Se ha encontrado que el color de las flores, frutos y en ocasiones de los tallos de dichas plantas, se debe a la presencia principalmente de pigmentos

nitrogenados del grupo llamado betalaínas (rojas) o betaxantinas (amarillas) (Martínez, 1993).

Estudios realizados por Lugo (1997) reportan que la pulpa de la pitaya (*Stenocereus* spp.) contiene por lo menos 78 pigmentos hidrosolubles que van desde el blanco hasta el rojo carmesí, predominando las betalaínas. Incluso se ha visto que estos pigmentos pueden ser utilizados como colorantes ya sea para la industria alimenticia como en la farmacéutica (Acosta, 2000).

## **2.2 TECNOLOGÍA DE LAS CONSERVAS**

La preparación de conservas de fruta de producción casera se remonta a varios siglos como un procedimiento para recolectar la fruta durante la época de maduración y consumirla posteriormente. Las prácticas actuales de elaboración se basan generalmente en el tratamiento de la fruta (que ha sido conservada provisionalmente mediante procedimientos físicos o químicos), para disponer del producto terminado cuando sea preciso, sin limitarse a las temporadas relativamente cortas durante las que se dispone de fruta fresca (Ranken, 1993).

El objetivo de la conservación consiste en recolectar el alimento en el punto que resulte más sabroso y con el valor nutritivo más alto y mantenerlo en este estado, en lugar de permitir que experimente sus cambios naturales que lo hacen inservible para consumo humano.

Un estudio de los cambios que determinan la alteración de los alimentos ha demostrado que se debe en parte: 1) a la acción de las enzimas y 2) en parte a la multiplicación de los microorganismos contenidos en el propio alimento. Para comprender los principios de la conservación es necesario conocer algunos de estos factores y saber cómo pueden ser controlados.

En todos los métodos de conservación resulta esencial no sólo interrumpir la actividad de enzimas y microorganismos sino evitar también su entrada posterior con el aire, que incorpora cierta actividad enzimática durante la conservación y puede alterar el sabor. Esto se consigue mediante procedimientos diversos, por ejemplo, mediante el cierre al vacío de los frascos cubriendo adecuadamente la superficie de la conserva y envasando correctamente los alimentos congelados. La mayoría de las bacterias, levaduras y hongos

crecen óptimamente entre 15° y 40°C y su multiplicación es rápida si las frutas y hortalizas no son conservadas poco después de su recolección (Ramírez, 2000).

### **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 conservada. Por lo tanto, para alcanzar la deseada capacidad de conservación resultan determinantes la temperatura utilizada y el tiempo de actuación de ésta (Sielaff, 2000).

### **2.2.2 Clasificación de las conservas**

Por lo general, las conservas se clasifican en: semiconservas, conservas tres/cuartos, 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  $a_w$  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 8 se muestran las condiciones en que se destruyen los gérmenes y la capacidad de conservación resultante.

Las conservas completas recibían antiguamente los nombres de conservas estériles. Estériles en términos comerciales o conservas prácticamente 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 durante el almacenamiento no son descompuestas por microorganismos.

Aparte 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 también pueden influir negativamente sobre la capacidad de conservación de los artículos (Sielaff, 2000).

**Cuadro 8. Clasificación de las conservas de acuerdo con el tratamiento térmico y la capacidad de conservación (Fuente: Sielaff, 2000).**

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 tres/cuartos	Por encima de 100° C F = 0.65-0.80	Como en semiconservas y destrucción de bacilos de especies mesófilas	6-12 meses por debajo de 15° C
Conservas completas conservas de pescado y leche esterilizada	110-130° 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 tres/cuartos; también mueren las esporas del género <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 (SSP)	Por debajo de 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

### **2.2.3. Ejemplos de conservas**

#### **2.2.3.1. Mermelada**

En la antigüedad se preparaban las mermeladas exclusivamente con membrillo y miel de abeja, de donde derivó su nombre, proveniente del latín “melimelum”, que significa membrillo. En la actualidad el concepto de mermelada se refiere al producto gelificado que combina esencialmente frutas y azúcar que por medio de cocción, alcanzan un sabor agradable y por el alto contenido final de azúcares se conservan fácilmente.

En conjunto la mermelada es la combinación de frutas y azúcares que se someten a cocción y que permiten obtener un producto cuyo contenido en sólidos solubles y aunado a un pH ácido, aseguran su conservación. El principio básico para la elaboración de mermeladas es la formación de un gel satisfactoriamente estable que contenga las cantidades adecuadas de fruta, azúcar, pectina y ácido (De la Mora, 2001).

Las mermeladas representan un método popular para conservar una gran variedad de frutas. La elaboración de mermeladas sigue siendo uno de los métodos más populares para la conservación de fruta y con la ayuda de un congelador puede prolongarse esta actividad durante un largo tiempo.

Los factores básicos para la elaboración de la mermelada son: la formación de un gel estable, la concentración adecuada de fruta y azúcares y la obtención de un producto que no presente cristalización ni sinéresis (Ramírez, 2000).

Los tres factores que controlan la formación del gel son: 1) tipo y cantidad de agente gelificante (generalmente es pectina), 2) concentración de azúcar y 3) pH. Estos factores deben ser equilibrados para obtener un gel en condiciones óptimas. Por ejemplo, una reducción en el nivel de azúcar determina una estructura más débil al igual que un pH superior a 3.5. Mientras que un pH inferior a 2.9 aumenta la fortaleza del gel aunque provoca también una tendencia hacia la sinéresis (separación del líquido libre del producto).

Es evidente que la fabricación de un producto que está sujeto a un número elevado de factores variables tiene que estar expuesto a errores. Aún en una producción controlada muy minuciosamente, algunas veces se producen defectos. No resulta siempre válido para

determinar las causas de los defectos que se producen en la preparación de mermelada, el retornar a su origen, particularmente si los motivos del fracaso han sido ocasionados por más de un factor. Técnicos experimentados pueden diagnosticar frecuentemente el defecto sin una investigación extensiva. Sin embargo, es más prudente apoyar el diagnóstico basándose en hechos obtenidos por medios más científicos.

Los principales factores que se deben de evaluar cuando se tienen productos defectuosos son: contenido en sólidos solubles, acidez libre, valor del pH, porcentaje de inversión, grado de gelatinización, color y sabor. Aparte de la apreciación del sabor y el color, que son, en cierto modo, de naturaleza subjetiva, los números obtenidos podrán, en muchos casos, dar valores que servirán de guía para averiguar las fallas en la elaboración.

Los principales defectos que puede presentar de una mermelada son (Rauch, 1987):

1) Mermelada poco firme que se debe a:

- Cocción prolongada que causa la hidrólisis de la pectina, dando lugar a un producto de consistencia como de jarabe.
- Una acidez demasiado alta que rompe el sistema reticular de la mermelada, causando sinéresis (sangrado).
- Una acidez demasiado baja que perjudica a la capacidad de gelatinización de la pectina y frecuentemente impide la formación de gel.
- La fruta contiene “tampones” en forma de sales minerales naturales. Estas sales retrasan y si se encuentran en proporciones elevadas, impiden por completo la gelatinización.
- La carencia general de pectina en la fruta o pulpa de fruta.
- Demasiada azúcar con relación a la pectina. Fórmula mal equilibrada.
- Un excesivo enfriamiento antes del envasado origina el fenómeno referido frecuentemente como “ruptura del gel”.

2) Sinéresis (“llorar o sangrar”) causado por:

- Acidez demasiado elevada.
- Deficiencia en pectina.
- Exceso de agua (demasiado baja en sólidos).

- Exceso de azúcar invertido.

### 3) Cambio de color causado por:

- Cocción prolongada: provoca la caramelización del azúcar o afecta a la clorofila volviéndola parda.
- Insuficiente enfriamiento después del envasado. Se observa frecuentemente cuando se llenan envases grandes en una sola operación.
- Utilización de pulpa descolorida.
- Empleo de tampones en exceso.
- Contaminación con metales. Los fosfatos de magnesio y potasio, los oxalatos u otras sales insolubles de estos metales producen enturbiamiento. El estaño, el hierro y sus sales pueden originar un aspecto lechoso u oscurecimiento.
- Causas biológicas. Los daños mecánicos o una madurez excesiva causan el pardeamiento de un gran número de variedades de fruta.

### 4) Cristalización causada por:

- Una acidez demasiado elevada provoca una excesiva inversión de azúcar, dando lugar a la granulación de la dextrosa.
- Una acidez demasiado baja provoca la cristalización de la sacarosa.
- Una prolongada cocción es causa de una inversión excesiva.
- La permanencia de la mermelada en las pailas después de ebullición da lugar a una inversión excesiva, provocando la granulación de la dextrosa.

### 5) Endurecimiento o encogimiento de la fruta en la mermelada causado por:

- El someter a ebullición la fruta o piel en jarabes concentrados con insuficiente precocción. Si la piel o la fruta son demasiado duras no son capaces de absorber el azúcar.
- Fruta o piel precocidas en agua de elevada dureza.

### 6) Desarrollo de hongos y crecimiento de levaduras causado por:

- Humedad excesiva en el almacén donde se guarda la mermelada.
- Contaminación anterior al cierre de los botes o tarros.
- Bajo contenido en sólidos solubles del producto.

- Contaminación de las películas o membranas utilizadas como tapas de los tarros.
- Mermelada poco firme (los fermentos pueden crecer en las mermeladas poco firmes).

### 2.2.3.2. Pasta de frutas o ate

El ate es una mezcla de pulpa de fruta y azúcar que se concentra hasta formar una masa la cual solidifica en el momento en el que se enfría el producto. Las pastas de frutas se consideran productos netamente mexicanos siendo Morelia la cuna de ellos. 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 de fruta.

El ingrediente clave para su elaboración es la pectina, que confiere la capacidad de gelificación al producto final, por ello para su elaboración se prefieren productos con alto contenido de pectina (Elaboración de Frutas y Hortalizas, 1999).

Los principales defectos que presentan este tipo de conserva son:

- Desarrollo de hongos y levaduras en la superficie. Causados por envases contaminados; solidificación incompleta, dando como resultado una estructura débil, bajo contenido en sólidos solubles. Los microorganismos que más afectan son los del género *Leuconostoc* y *Bacillus*.
- Cristalización de los azúcares. Una baja inversión de la sacarosa por una acidez demasiado baja provoca la cristalización, por otro lado una inversión elevada por una excesiva acidez o una cocción prolongada provoca la cristalización de la glucosa.
- Caramelización de los azúcares. Se manifiesta por una cocción prolongada y un enfriamiento lento en la misma paila de cocción o por falta de una incorporación uniforme, especialmente de la sacarosa.
- Sinéresis. Se presenta cuando la masa sólida desprende líquido, generalmente es causada por una acidez excesiva, concentración deficiente, pectina en baja en cantidad o por una inversión del azúcar excesiva.

- Estructura débil. Causada por un desequilibrio en la composición de la mezcla, por la degradación de la pectina debido a una cocción prolongada y por la ruptura de la estructura en formación (Sierra-Gómez, 2001).

#### **2.2.4. Procesos tecnológicos para la elaboración de conservas**

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

Las características de cada una de estas etapas se describen a continuación:

- 1) Inspección y recepción: operación que implica muestreo y realización de pruebas de aceptación.
- 2) Selección: para la elaboración de estos productos se deben escoger los frutos maduros, sin pudrición, que tengan buen color; no importando su tamaño, por lo que se separa la fruta podrida.
- 3) Lavado: los frutos se deben lavar enteros para eliminar la tierra, arena y residuos de productos antiparasitarios (Sierra-Gómez, 2001).
- 4) Escaldado: 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).
- 5) Mondado (acondicionado): en esta etapa se eliminan las porciones de fruta no aptas para el proceso. Además, se efectúan operaciones como descascarado y deshuesado, entre otras.
- 6) 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 la cocción, adición de la pectina, adición del ácido y continuación de la cocción.

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

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

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

10) 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 almacenarlo.

11) 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-Gómez, 2001).

#### **2.2.5. Aditivos empleados en la elaboración de conservas**

El mercado de conservas está estrechamente ligado con los aportes de la tecnología alimentaria, pues ésta permite contar con los desarrollos que posibilitan la introducción de nuevos productos, aumentar las cualidades sensoriales de los alimentos y prolongar su vida de anaquel entre otras funciones.

La Norma Oficial Mexicana (NOM-130-SSA1-1995) indica los requerimientos y niveles permitidos para los aditivos en alimentos envasados en recipientes de cierre hermético. La norma incluye a los aditivos que funcionan como reguladores de pH, antiespumantes, antioxidantes, colorantes, saborizantes o aromatizantes, acentuadores de sabor, conservadores, estabilizantes y espesantes (cuadro 9) (Tecnología de Alimentos, Industria y Mercado, 1998).

## Cuadro 9. Tipo de aditivos que se pueden utilizar para la elaboración de las conservas

(Fuente, NOM 130-SSA1-1995).

ADITIVO	FUNCIÓN	TIPO DE CONSERVA	LÍMITE MÁXIMO
Colorantes orgánicos naturales	Colorante	Jugos, néctares, mermeladas, vegetales en conserva y salsas	BPF
Monoglicéridos y diglicéridos de ácidos grasos	Emulsificante	Frutas en almíbar, purés, jaleas, ates, mermeladas	BPF
Ácido ascórbico y sus sales de sodio y calcio	Antioxidante	Puré, jalea, ate, mermelada y fruta en almíbar hechas con mango o manzana	Solo o mezclado con ácido ascórbico hasta un máximo de 200 mg/Kg.
		Cóctel de frutas; frutas en almíbar, purés, jaleas, ates y mermeladas de cualquier otra fruta	500 mg/ Kg.
		Puré, jalea, ate, mermelada o fruta en almíbar de durazno	550 mg / Kg.
Ácido eritórbico y su sal de sodio	Antioxidante	Puré, jalea, ate, mermelada o fruta en almíbar de grosella	750 mg/ Kg.
		Puré, jalea, ate, mermelada, jugos y néctares de manzana	Solo o mezclado con ácido ascórbico hasta un máximo de 150 mg/Kg.
Aroma o sabor a canela	Saborizante o aromatizante	Frutas en almíbar, purés, jaleas, ates, mermeladas	BPF
Aroma o sabor a menta	Saborizante o aromatizante	Frutas en almíbar, purés, jaleas, ates, mermeladas y cóctel de frutas	BPF
Aromas o saborizantes naturales	Saborizante o aromatizante	Frutas en almíbar, purés, jaleas, ates, mermeladas, ensalada de frutas, cóctel de frutas, jugos y néctares	BPF
Extracto de vainilla y vainillina	Aromatizante o saborizante	Castañas y puré de castañas en conserva; frutas en almíbar, purés, jaleas, ates, mermeladas	BPF
Ácido ascórbico	Conservador	Mermeladas	Solo o mezclado expresado como ácido sórbico hasta 500 mg/Kg.
Benzoato de sodio	Conservador	Salsas, frutas en almíbar, purés, jaleas, ates, mermeladas y jugos	Solo o mezclado hasta 1000 mg/Kg.
Dióxido de azufre	Conservador	Frutas en almíbar, purés, ates, jaleas, mermeladas	100 mg/Kg. por efecto de transferencia
Sorbato de potasio o de sodio	Conservador	Ates, jaleas y jugos	Solo o mezclado hasta 1000 mg/Kg. expresado como ácido
Dimetilpolisiloxano	Antiespumante	Frutas en conserva, mermeladas, purés, jaleas, ates, jugos y néctares	10 mg/Kg.
Ácido cítrico	Regulador de pH	Purés, jaleas, ates, mermeladas	BPF
Ácido fumárico	Regulador de pH	Purés, jaleas, ates, mermeladas	Solo o mezclado con ácido tartárico y sus sales, expresadas como ácido para mantener el pH en un nivel entre 2.8 y 3.5 hasta 3 g/Kg.
Ácido láctico	Regulador de pH	Jaleas, ates y mermeladas	BPF
Ácido málico	Regulador de pH	Jaleas, ates y mermeladas	BPF
Bicarbonato de potasio	Regulador de pH	Frutas en almíbar, purés, jaleas, ates, mermeladas	BPF

**Cuadro 9. Continuación.**

<b>ADITIVO</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>TIPO DE CONSERVA</b>	<b>LÍMITE MÁXIMO</b>
Ácido tartárico	Regulador de pH	Frutas en almíbar, purés, jaleas, ates, mermeladas, jugos y néctares	Solo o mezclado con ácido fumárico y sus sales, expresadas como ácido para mantener el pH entre 2.8 y 3.5 hasta 3 g/Kg.
Carbonato de potasio	Regulador de pH	Frutas en almíbar, purés, jaleas, ates, mermeladas	BPF
Carbonato de sodio	Regulador de pH	Frutas en almíbar, purés, jaleas, ates, mermeladas	BPF
Citrato de sodio	Regulador de pH	Frutas en almíbar, purés, jaleas, ates, mermeladas, jugos, néctares y salsas	BPF
Fumarato de sodio	Regulador de pH	Purés, jaleas, ates, mermeladas	Solo o mezclado con ácido tartárico y sus sales, expresadas como ácido para mantener el pH entre 2.8 y 3.5, hasta un máximo de 2 g/Kg.
Lactato de sodio	Regulador de pH	Frutas en almíbar, purés, jaleas, ates, mermeladas	BPF
Lactato de calcio	Regulador de pH	Frutas en almíbar, purés, jaleas, ates, mermeladas	Solo o mezclado con otros endurecedores, expresados como calcio para mantener el pH entre 2.8 y 3.5 hasta un máximo de 200 mg/Kg.
Tartrato (L) de potasio	Regulador de pH	Frutas en almíbar, purés, jaleas, ates, mermeladas	Solo o mezclado con ácido fumárico y sus sales, expresado como ácido para mantener un pH entre 2.8 y 3.5 hasta 3 g/Kg.
Tartrato (L) de sodio	Regulador de pH	Frutas en almíbar, purés, jaleas, ates, mermeladas	Solo o mezclado con ácido tartárico y sus sales, expresado como ácido para mantener un pH entre 2.8 y 3.5 hasta 3 g/Kg.
Tartrato (L) de sodio y potasio	Regulador de pH	Frutas en almíbar, purés, jaleas, ates, mermeladas	Solo o mezclado con ácido fumárico y sus sales, expresado como ácido para mantener un pH entre 2.8 y 3.5 hasta 3 g/Kg.
Pectina (cualquier tipo)	Espesante	Jugos, néctares, mermeladas, jaleas, ates y frutas en conserva	BPF

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar y aplicar procesos tecnológicos para la elaboración de conservas a base de pitaya (*Stenocereus* spp.) de la región Mixteca.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar parcialmente a la pulpa de *Stenocereus* spp. de la región Mixteca Baja Oaxaqueña.
- Desarrollar formulaciones y procedimientos para la elaboración de las conservas seleccionadas a base de pitaya.
- Evaluar el nivel de agrado de las conservas desarrolladas.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 LUGAR DE DESARROLLO

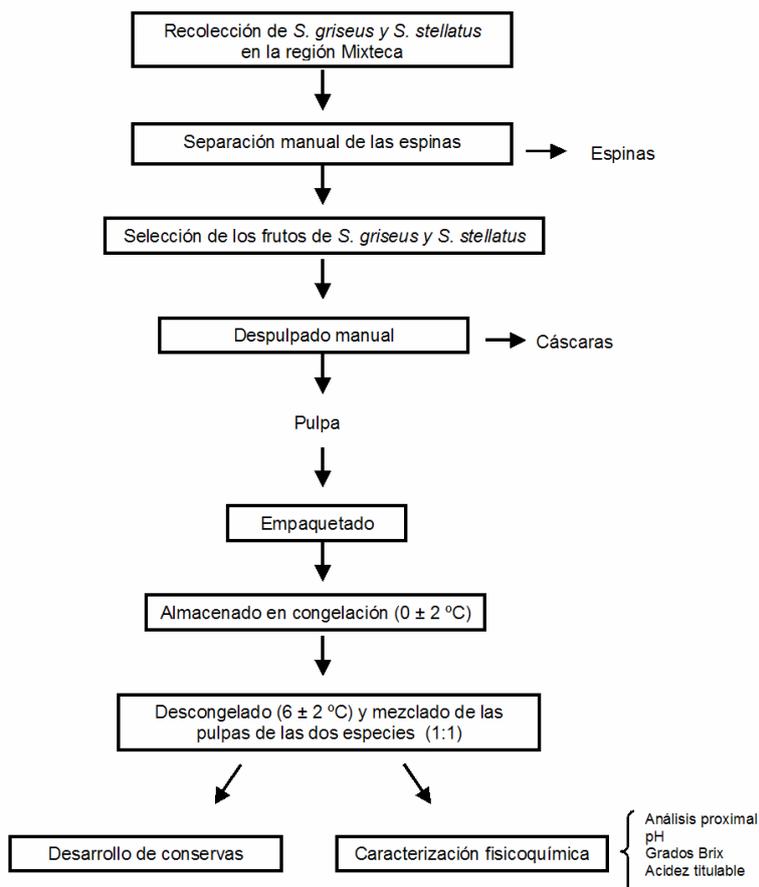
Este proyecto de investigación se realizó en la Universidad Tecnológica de la Mixteca. En las instalaciones del Taller de Procesamiento de Alimentos se llevó a cabo la parte experimental de procedimientos y formulaciones, así como, el análisis fisicoquímico de la pulpa y productos desarrollados de *Stenocereus* spp.

En el Laboratorio de Química se hizo el análisis proximal de la pulpa y en el Laboratorio de Ciencias Químico Biológicas se hizo el análisis microbiológico de las conservas seleccionadas.

### 4.2 MATERIAS PRIMAS

#### **Pitaya**

Las pitayas de las variedades *Stenocereus stellatus* (xoconostle) y *Stenocereus griseus* (pitaya de mayo) fueron obtenidas en dos comunidades de la región Mixteca Baja Oaxaqueña: Asunción Cuyotepeji y Santa María Acaquizapan. Las pitayas de la especie *Stenocereus griseus* se recolectaron utilizando un gancho de carrizo (llamado chicole), de abril a junio del 2002 y para las de la especie de *Stenocereus stellatus* de agosto a octubre del mismo año. Para el transporte de las pitayas recolectadas se utilizaron cajas de madera procurando que la fruta con mayor dureza se introdujera en la parte de abajo y la que estaba madura y suave en la parte superior. Una vez que se transportaron las pitayas, se hizo la separación manual de las espinas cuidando de no desprender la cáscara al fruto para evitar la aceleración de las reacciones de descomposición. Posteriormente, el fruto se seleccionó para desechar a aquéllos que presentaban rasgos de descomposición (olor y color desagradable y textura blanda). En seguida, se hizo el despulpado manual separando la cáscara y mezclando toda la pulpa de una misma especie en un solo lote. Se registró el peso de la pulpa y se empaquetó en bolsas de plástico almacenándolas en congelación ( $0 \pm 2$  °C) hasta su utilización. Para la elaboración de los productos y caracterización de la pulpa primero se hizo la descongelación de las bolsas de plástico (a temperaturas de refrigeración  $6 \pm 2$  °C/ 24 horas) y luego se hizo una mezcla de las pulpas de las dos especies de pitayas en una relación 1:1 (figura 11).



**Figura 11. Obtención de la pulpa de pitaya.**

### **Pectina**

Se utilizó pectina cítrica marca REASOL para la elaboración del ate y pectina marca Química Meyer para el caso de la mermelada, obtenidas en casas comerciales.

### **Azúcar**

Adquirida en comercio local de la ciudad de Huajuapán de León.

### **Ácido cítrico**

Proveniente de Industrias Alimenticias Fabpsa S.A. de C. V.

## **4.3 REACTIVOS**

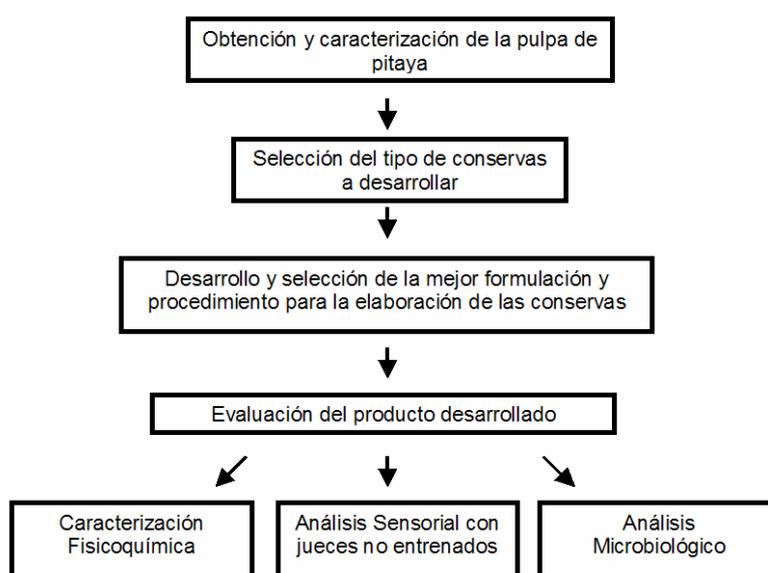
Los reactivos químicos utilizados (hidróxido de sodio, sulfato de potasio anhidro, sulfato de cobre pentahidratado, granalla de zinc, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, éter de petróleo) fueron grado analítico, provenientes de las casas comerciales SIGMA, BAKER, IEA e

INDEQ. Para el caso de los análisis microbiológicos los medios de cultivo (agar papa dextrosa y agar nutritivo) fueron DIBICO Y BIOXON.

## 4.4 MÉTODOS

### 4.4.1 Diagrama general de trabajo

El proyecto de investigación se dividió en cuatro etapas: 1) Obtención y caracterización parcial de la pulpa de pitaya; 2) Selección del tipo de conserva a desarrollar; 3) Desarrollo y selección de las formulaciones y procedimiento para la elaboración de las conservas y 4) Evaluación de las conservas desarrolladas (figura 12).



**Figura 12. Diagrama general de trabajo.**

#### 4.4.1.1 Caracterización parcial de la pulpa de pitaya

La caracterización parcial de la pulpa consistió en la determinación de pH, porcentaje de sólidos solubles, acidez titulable y análisis proximal. La determinación de pH se hizo utilizando un potenciómetro calibrado marca CONDUCTRONIC, Digital pH-meter. Los sólidos solubles (°Brix) se determinaron utilizando un refractómetro de Abbe marca VISTA CIO (0.0 ° - 95 °Brix). La acidez titulable expresada como el porcentaje de ácido cítrico se hizo usando el método 942.15 de la AOAC (1984). Para el caso del análisis proximal se usaron los siguientes métodos oficiales del AOAC: humedad (OFICIAL METHOD 925.09, 1984), cenizas totales (OFICIAL METHOD 923.03, 1984), fibra Cruda

(Método AOAC, 1984), proteínas (Macro-Kjeldah OFICIAL METHOD 979.09, 1984), grasas (Soxhlet OFICIAL METHOD 953.15, 1984) y extracto libre de nitrógeno (por diferencia de componentes).

#### **4.4.1.2 Selección de la conserva a desarrollar**

Los criterios que se consideraron para seleccionar el tipo de conserva a base de pitaya fueron las características fisicoquímicas (pH, acidez y porcentaje de humedad de la pulpa) y los atributos sensoriales de la pulpa (sabor, color, aroma y textura). Además, se trabajó con conservas que hasta ese momento no se habían desarrollado.

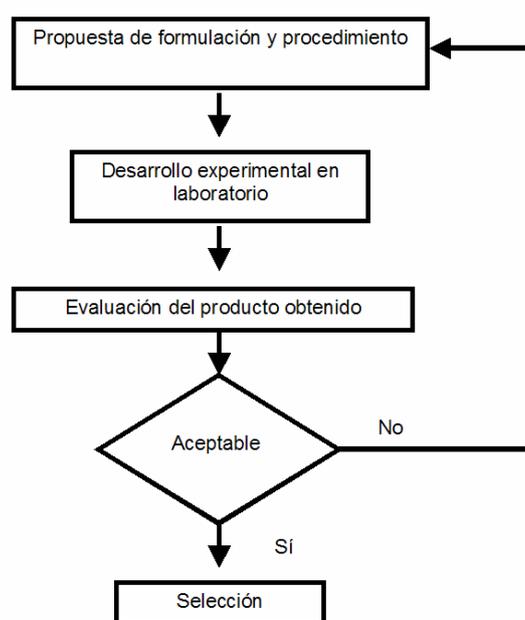
#### **4.4.1.3 Desarrollo y selección de formulaciones y procedimientos para las conservas**

Las variables que se consideraron para el desarrollo de las formulaciones y procedimientos fueron las siguientes: 1) tipo de proceso, 2) cantidad de azúcar con respecto al de pulpa y 3) tipo y cantidad de agente gelificante. Con respecto a los tipos de procesos probados se experimentaron tres métodos (1, 2 y 3) [Ver anexo 1], los cuales, tenían como diferencias principales el tipo de agente gelificante (Gel.), tipo de agente acidificante (Acid.), cantidad de azúcar y el orden en el que se incorporaban a la conserva el gelificante y el acidificante. Como puede apreciarse en el cuadro 10, cada uno usaba un agente gelificante distinto (proceso 1 grenetina y bagazo de limón, proceso 2 pectina y proceso 3 cáscaras y corazón de manzana); dos procesos usaban como agente acidificante jugo de limón (1 y 3) y al otro no se le incorporaba ningún acidificante y la cantidad de azúcar por kilogramo de pulpa fue distinto (el proceso 1 usaba 750 g, el proceso 2 usaba 720 g y el proceso 3 usaba 920 g. Además, el tiempo en que se incorporaban los ingredientes (azúcar, gelificante y acidificante) fue distinto.

**Cuadro 10. Diferencias entre los procesos probados.**

<b>Característica</b>	<b>Proceso 1</b>	<b>Proceso 2</b>	<b>Proceso 3</b>
Tipo de agente gelificante	Grenetina y bagazo de limón	Pectina	Cáscaras y corazón de manzana
Tipo de acidificante	Jugo de limón	Nada	Jugo de limón
Cantidad de azúcar (g azúcar/ Kg. pulpa)	750	720	920
Momento de incorporación del agente gelificante, acidificante y azúcar	Primero se incorpora el azúcar y luego el acidificante junto con el gelificante	Después de todo el azúcar se agrega el agente gelificante	El agente gelificante se incorpora antes del resto del azúcar y al último el acidificante

Una vez que se probaron cada uno de los procesos anteriores, se hizo una fusión de los tres procesos tomando los puntos básicos tanto del procedimiento como de los ingredientes para la elaboración de la conserva seleccionada. Posteriormente se fueron haciendo ajustes a la formulación por medio de un proceso heurístico de mejoramiento iterativo (figura 13) hasta que se obtuvo un producto con las características sensoriales y fisicoquímicas deseadas. Las variables que se ajustaron fueron el contenido de azúcar por kilogramo de pulpa (650 g, 655 g, 750 g, 920 g y 1325 g) y la cantidad de agente gelificante (10 g, 2 g, 18 g, 25 g, 38 g y 40 g de pectina por Kg. de pulpa).



**Figura 13. Desarrollo de Procesos y Formulaciones.**

#### **4.4.1.4 Evaluación de las conservas desarrolladas**

La evaluación de las conservas seleccionadas consistió en hacerles una caracterización fisicoquímica (pH final y sólidos solubles finales), una evaluación sensorial con jueces no entrenados y un análisis microbiológico.

Para la determinación del pH las muestras se prepararon haciendo una mezcla de 10 g del producto con 10 mL de agua y su posterior lectura en el potenciómetro calibrado (CONDUCTRONIC, Digital pH-meter). La determinación de sólidos solubles se hizo inmediatamente después de preparar la conserva con el refractómetro de Abbe.

Con respecto a la evaluación sensorial, al ate se le hizo una prueba de nivel de agrado utilizando una escala hedónica verbal de cinco puntos con 81 jueces no entrenados. Para el caso de la conserva tipo mermelada se hizo una prueba sensorial de nivel de agrado con una escala hedónica verbal de cinco puntos con 72 jueces no entrenados, evaluando simultáneamente las dos formulaciones seleccionadas. Estas evaluaciones sensoriales se realizaron tanto en comunidades productoras del fruto como en la Universidad Tecnológica de la Mixteca con la población potencial o habitual del producto en estudio.

El análisis microbiológico de los productos finales consistió en cuantificar los grupos microbianos que se establecen en la Norma Oficial Mexicana (NOM) para este tipo de productos (NOM-130-SSA1-1995, Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico. Disposiciones y especificaciones sanitarias) y que son los siguientes: hongos y levaduras (NOM-111-SSA1-1994), bacterias mesófilas aerobias (NOM-092-SSA1-1994) y coliformes totales (NOM-113-SSA-1994).

#### **4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los resultados reportados en el análisis proximal de la pulpa son los promedios de los triplicados.

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

Para la evaluación sensorial de la mermelada se utilizó el método estadístico t- de student para comparar el nivel de agrado de las dos formulaciones propuestas usando un nivel de significancia de 0.05. Además se hizo la representación gráfica del porcentaje de personas que la calificaron positivamente, indiferente y negativamente.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 CARACTERIZACIÓN PARCIAL DE LA PULPA DE PITAYA

Se trabajó con una mezcla 1:1 de las pulpas de las dos variedades de pitaya (*Stenocereus griseus* y *Stenocereus stellatus*). En el cuadro 11 se muestran los resultados obtenidos para el análisis fisicoquímico de esta mezcla.

**Cuadro 11. Caracterización parcial de la mezcla (1:1) de las pulpa de *S. griseus* y *S. stellatus* de la Región Mixteca en comparación con lo reportado por otros autores (Fuente: Acosta, 2000<sup>1</sup>; Cruz, 1985<sup>2</sup>; Bravo y Sánchez, 1991<sup>3</sup> y Piña, 1977<sup>4</sup>).**

* PARAMETROS	MEZCLA	ACOSTA <sup>1</sup>	CRUZ <sup>2</sup>	BRAVO Y SANCHEZ <sup>3</sup>	PIÑA <sup>4</sup>
% ácido cítrico	0.07 ± 0.02	0.15 a 0.5	0.39 a 0.5	0.12 a 0.64	0.12
% sólidos solubles	8.46 ± 1.16	N.R	9.05 a 10	9.10 a 12.2	N.R.
p.H	4.15 ± 0.99	3.9 a 5.0	N.R	3.95 a 5.20	N.R

#### Notas:

- \* Promedio de los resultados obtenidos.
- N.R. Resultados no reportados.

Como se puede apreciar, el porcentaje de ácido cítrico que tuvo la mezcla de pulpas (0.07 %) fue diferente en comparación con lo reportado por otros autores (Acosta, 2000; Cruz, 1985 y Bravo y Sánchez, 1991) que va desde valores tan bajos como 0.12 % hasta 0.64 %. Estas diferencias se deben a que la composición química de los frutos varía dependiendo de ciertos factores como son la especie, la variedad y el grado de maduración de la pitaya (Piña, 1977, Cruz, 1985, Bravo y Sánchez, 1991 y Acosta, 2000). Cruz (1985) reportó un porcentaje de ácido cítrico que va de 0.39 a 0.53 para el caso exclusivo de pulpa de *Stenocereus stellatus*, mientras que Bravo y Sánchez (1991) reportaron para pulpa de *Stenocereus griseus* un valor de 0.12. Por otra parte, Piña (1977) reportó que para *Stenocereus griseus* en la etapa de madurez comestible la acidez titulable expresada como

ácido cítrico fue de 0.12%. Por lo tanto, era de esperarse que la mezcla de las pulpas de pitaya de la región Mixteca presentara valores distintos a lo reportado por otros autores. Además, fueron frutos que crecieron en otras condiciones de cultivo como son el tipo de suelo, la temperatura y la presión que se sabe que también son factores que influyen directamente en las características fisicoquímicas del producto. Con respecto al pH obtenido se encontró un valor de 4.15 que es parecido al intervalo reportado por otros autores para las variedades de *Stenocereus stellatus* y *Stenocereus griseus* que son de 3.95 y 5.20 respectivamente (Bravo y Sánchez, 1991 y Acosta, 2000). En el caso de los sólidos solubles totales se encontró un valor parecido a los reportado por Cruz (1985) para cuatro variedades de la especie *Stenocereus stellatus* (fruto blanco fue de 10.00, para el rojo 9.23, amarillo 9.10 y solferino 9.05). Sin embargo, fue un valor bajo si se compara con lo reportado por Bravo y Sánchez (1991) para el caso de *Stenocereus griseus* (con un valor de 12.25%).

En el cuadro 12 se reportan los resultados obtenidos del análisis proximal que se realizó a la mezcla de pulpa de pitaya. Lo que se puede observar es que para todos los componentes la mezcla de pulpa estuvo dentro de los intervalos encontrados por otros autores para las mismas especies de pitaya (Bravo y Sánchez, 1991, Martínez, 1993 y Becerra, 1994). Un aspecto interesante de resaltar en la pulpa de la pitaya fue que presentó concentraciones más elevadas de proteína (8.98%) y de fibra cruda (12.68%) en comparación con frutos de otras cactáceas. Por ejemplo, la tuna cardona con semilla tiene sólo un 4.70 % de proteína, mientras que la jiotilla y la pitahaya tienen un 9.80 % y 10.29 % respectivamente de fibra cruda (Composición de Alimentos Mexicanos, Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán). Con respecto al contenido de grasa, la pulpa de pitaya tuvo un bajo valor (cerca al 0.8 %), por lo que este componente no es representativo. El contenido de humedad de la pulpa fue parecido a lo reportado para otras cactáceas como son la tuna con un 88.10%, jiotilla con un 84.50% y finalmente la pitahaya blanca con una humedad de 86.60%.

**Cuadro 12. Comparación de la composición proximal (%base seca) de la mezcla de pulpas de pitaya de la Región Mixteca con respecto a otras variedades.**

Componente	Mezcla de pulpas	Martínez (1993) <i>Stenocereus spp</i>	Bravo y Sánchez (1991)		Becerra (1994) <i>Stenocereus spp</i>
			<i>S. griseus</i>	<i>S. stellatus</i>	
Cenizas	3.92±0.98	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.
Proteína cruda	8.98±2.93	9.15	9.07	7.33	2.73
Fibra cruda	12.68±1.01	14.75	23.15	1.83	4.77
Grasa cruda	0.78±0.074	0.70	0.84	2.07	0.88
ELN*	73.64	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.
Humedad	(87.45±1.5)	(85.80)	(85.79)	(86.33)	(85.35)

**Notas:**

- ELN = Extracto Libre de Nitrógeno
- N.R. No reportado

## 5.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE CONSERVA A DESARROLLAR

La caracterización fisicoquímica de la mezcla 1:1 de las pulpas de *Stenocereus griseus* y *Stenocereus stellatus* de la Región Mixteca fue importante ya que sus resultados permitieron determinar el tipo de conserva con el cual se podía trabajar. Con base a las características encontradas en la mezcla de pulpa, se definió que los productos que se podían desarrollar debían ser alimentos de baja acidez y con pH ácido (pH = 4.5). Además, debía ser un producto que independientemente del tipo de proceso a desarrollar conservara los atributos sensoriales que tiene esta fruta como son: sabor dulce con notas ligeramente ácidas, color rojo intenso, aroma característico, textura blanda fibrosa y filamentosa y con presencia de semillas. Por lo tanto, se escogió al grupo de las conservas dulces. Dentro de las conservas dulces se encontraban varios tipos como son los concentrados, el ate, la mermelada y la fruta confitada. No se trabajó con un concentrado ya que este tipo de producto existe en el mercado, el cual, se utiliza como base para hacer helados, bebidas o para productos de panificación. Aunque se hicieron experimentos preliminares para obtener fruta confitada se dejó de trabajar ya que las características del fruto (textura y sabor) no

permitieron obtener un producto de este tipo. Por lo tanto, se seleccionaron a las conservas de ate y de mermelada.

### **5.3 DESARROLLO Y SELECCIÓN DE FORMULACIONES Y PROCEDIMIENTOS PARA LAS CONSERVAS**

#### **5.3.1 Selección del proceso general para la elaboración de las conservas**

En el cuadro 13 se muestran los resultados obtenidos para los tres procesos probados. Los atributos finales que se consideraron en cada uno de los productos obtenidos fueron el sabor, el color y la consistencia.

**Cuadro 13. Resultados obtenidos después de aplicar los procesos 1, 2 y 3 a la mezcla de pulpa de pitaya.**

<b>Atributo</b>	<b>Proceso 1</b>	<b>Proceso 2</b>	<b>Proceso 3</b>
Color	Rojo quemado	Rojo opaco	Rojo pitaya
Sabor	Panela	Panela	Pitaya
Consistencia	Dura	Dura	Chiclosa
pH	3.53	3.13	3.5
°Brix	82	72	75

Para el caso del proceso 1 los resultados obtenidos no fueron los deseados debido a que se obtuvo un producto de color no agradable a la vista (rojo intenso a quemado), de un sabor agradable pero con la desventaja de que se perdía el sabor característico del fruto y de una consistencia dura no adecuada ni para un ate ni mermelada. El pH final obtenido fue de 3.53 y 82 grados brix. En el proceso 2 también se obtuvo un producto no apto para las conservas seleccionadas, ya que se obtuvo un producto con un color rojo opaco que era desagradable, con sabor característico a panela y de una consistencia dura. Además, después de unas semanas de reposo se iniciaba la cristalización superficial del producto formando una costra gruesa que daba un aspecto indeseable. El pH registrado para este producto fue de 3.13 y los grados brix fueron de 72. Por último, con el proceso 3 se obtuvo un producto con color agradable (rojo pitaya), el sabor fue muy cercano al del fruto aunque la consistencia no fue la esperada ya que era chiclosa. El pH del producto fue de 3.5 y los

grados brix finales fueron de 75. Por lo tanto, después de experimentar con estos tres procesos diferentes y evaluar los resultados se seleccionó al proceso 3 ya que permitió obtener una conserva con mejores características sensoriales que conservaba el sabor característico de la pitaya y el color era agradable. Sin embargo, fue necesario hacerle ciertas adecuaciones para mejorar la consistencia para cada una de las conservas seleccionadas, es decir, una para la mermelada y otra para el ate. Una de las modificaciones que se le hizo al proceso 3 fue el cambio del tipo de agente gelificante, sustituyendo a las cáscaras y corazones de manzana por la pectina. Este cambio se hizo debido a que era más práctico la utilización de un agente gelificante comercial en lugar de tener que preparar el agente en el momento de su utilización (pelar y cortar la manzana para extraer cáscaras y corazón). Otro cambio que se le hizo a la formulación inicial fue la sustitución del agente acidificante de jugo de limón por el del ácido cítrico en polvo. Esto se hizo debido a que el jugo de limón impartía un resabio amargo que era desagradable al producto, fenómeno que no se presentaba con el ácido cítrico. Al hacer estas modificaciones en la formulación se tuvieron que cuidar algunos aspectos en la elaboración de la conserva, porque el orden y forma en el que se van adicionando las materias primas influyen en la calidad del producto final. Por ejemplo, la pectina tiene una baja solubilidad por lo que forma fácilmente grumos que dificultan su dispersión en una pulpa. Para evitar estos problemas fue necesario antes de incorporarla a la pulpa hacer una premezcla de la pectina con una parte del azúcar hasta formar un jarabe, el cual, se le incorporaba inmediatamente después de que iniciaba la ebullición de la pulpa. Además, para favorecer la formación de un gel rígido y estable era importante mantener un pH bajo (por debajo de 3.5) por lo que se incorporó el agente acidulante al final del proceso para evitar su degradación. El ácido que se incorporó ayudó a hidrolizar parte del azúcar que se incorporó formando el azúcar invertido, lo que previno la cristalización de la sacarosa en el gel de pectina durante su almacenamiento. Como se hicieron cambios en dos de las materias primas básicas para la elaboración de un gel (tipo de agente gelificante y tipo de agente acidulante) también se tuvieron que hacer pruebas para encontrar la concentración adecuada que se requería tener del otro factor determinante en la calidad del gel que fue la cantidad de azúcar. El azúcar es importante en un gel ya que afecta la capacidad de gelificación de la pectina disminuyendo la actividad de agua, lo que provoca la deshidratación de las moléculas de pectina y así la formación de un gel más

rígido. Por lo tanto, se hicieron ensayos para encontrar tanto la cantidad adecuada de pectina como de azúcar necesarios para obtener el gel deseable en un ate o una mermelada.

### 5.3.2 Desarrollo y evaluación de la conserva de ate

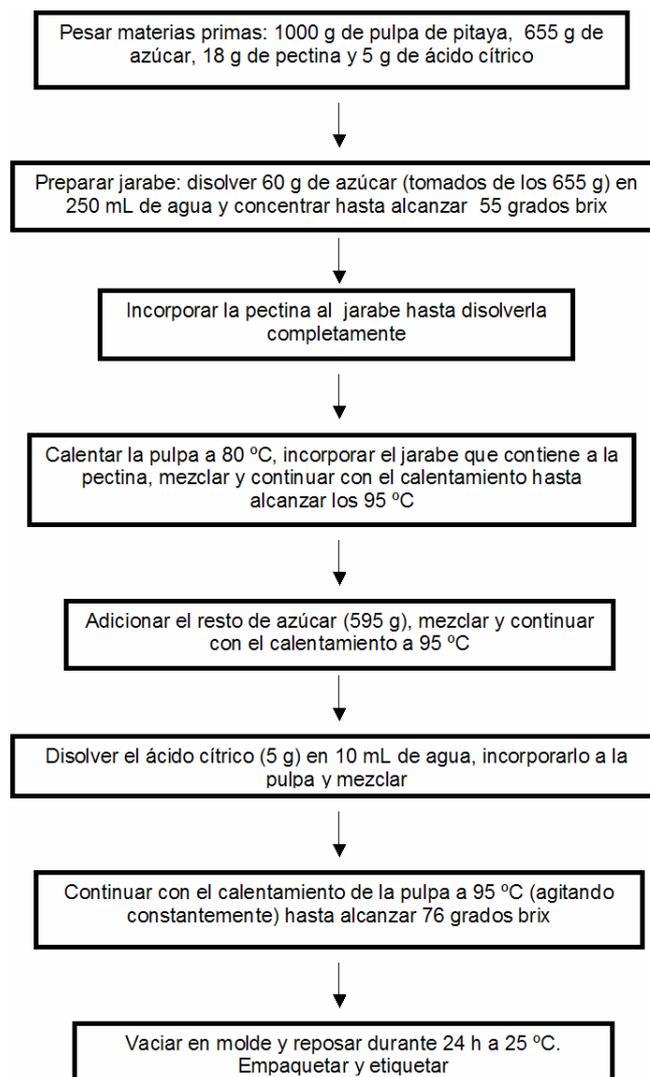
En el cuadro 14 se muestra la formulación final para la elaboración de la conserva tipo ate utilizando la mezcla 1:1 de las pulpas de *Stenocereus griseus* y *Stenocereus stellatus* de la Región Mixteca. Como puede apreciarse finalmente se utilizaron 18g de pectina por Kg. de pulpa (agente gelificante), 5 g de ácido cítrico por Kg. de pulpa (agente acidificante) y 655 g de azúcar por Kg. de pulpa.

**Cuadro 14. Formulación final del ate de pitaya.**

<b>Materia Prima</b>	<b>Cantidad (g)</b>
Pulpa de pitaya	1000
Azúcar	655
Pectina	18
Ácido cítrico	5

El proceso general para la elaboración de la conserva fue el siguiente (figura 14):

1. Pesado de las materias primas con base a la formulación: pulpa de pitaya (1 Kg.), azúcar (655 g), pectina (18 g) y ácido cítrico (5 g).
2. Preparación del jarabe: se preparó calentando 250 mL de agua con el 9.2% del total del azúcar (60 g) hasta alcanzar una concentración de 55 °Brix. Luego se incorporó la pectina agitando constantemente hasta su completa disolución.
3. Calentamiento y mezclado: la pulpa de pitaya se calentó a ebullición agitando ocasionalmente. Sin suspender el calentamiento se incorporó el jarabe, el resto del azúcar (595 g) y el ácido cítrico (previamente disuelto en 10 mL de agua).
4. Concentrado: una vez incorporados todos los ingredientes se concentró hasta alcanzar los 76 °Brix, agitando constantemente.
5. Envasado: se envasó en moldes de plástico y se dejó reposar por 24 horas.

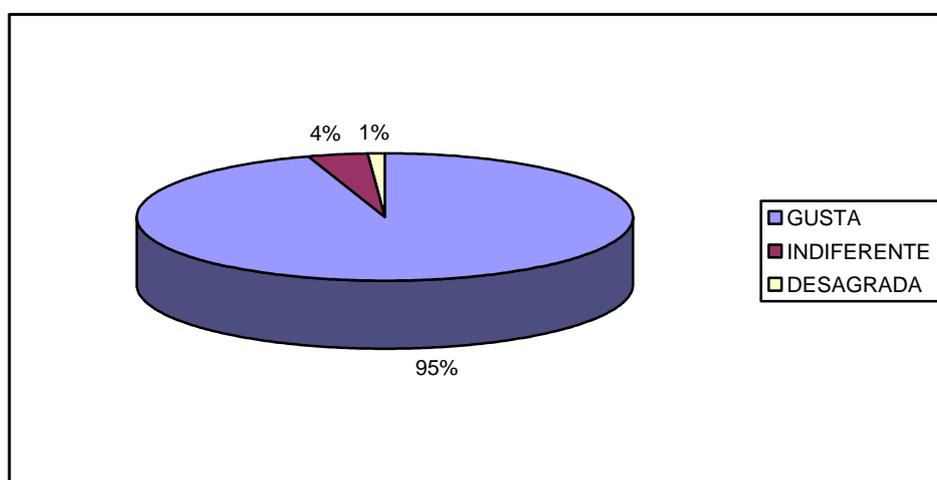


**Figura 14. Proceso de elaboración del ate de pitaya**

Las características físicas que presentó el producto fueron las siguientes: firme de consistencia gelatinosa, resistente al corte, con superficies de corte lisas y sin que se adhiriera al instrumento con el que se cortó, de color rojo oscuro uniforme, lustre brillante (libre de turbiedad y homogéneamente translúcido), con sabor y aroma característico a pulpa de pitaya y ausencia de sabores o aromas extraños. Como parámetros de calidad final se le midió al ate el pH y los grados brix. Los grados brix finales que se alcanzaron en el ate fueron de 76°, valor que entra dentro de lo registrado para ates de otras frutas como son el

de durazno (74 °Brix), guayaba (76 °Brix) y membrillo (70 °Brix) (Elaboración de frutas y hortalizas, 1999). Con respecto al valor de pH se obtuvo un producto ácido con un valor de 3.25 que se asemeja al valor que tienen otros ates como el de membrillo, mora y guayaba que oscilan de 3 a 3.8.

Para conocer el nivel de agrado del ate desarrollado se realizó una evaluación sensorial encontrándose que el 95% de los jueces no entrenados lo calificaron positivamente, de los cuales el 40% incluso lo calificó en el nivel de “Me gusta mucho” y sólo un 4% contestó que le era indiferente (figura 15).



**Figura 15. Nivel de agrado del ate.**

Finalmente, para conocer la calidad microbiológica del producto desarrollado se le realizó la cuantificación de hongos y levaduras, mesófilos aerobios y coliformes totales, según lo establecido por la Norma Oficial Mexicana (NOM-130-SSA1-1995) para este tipo de productos (cuadro 15). Los resultados del análisis microbiológico muestran que la conserva

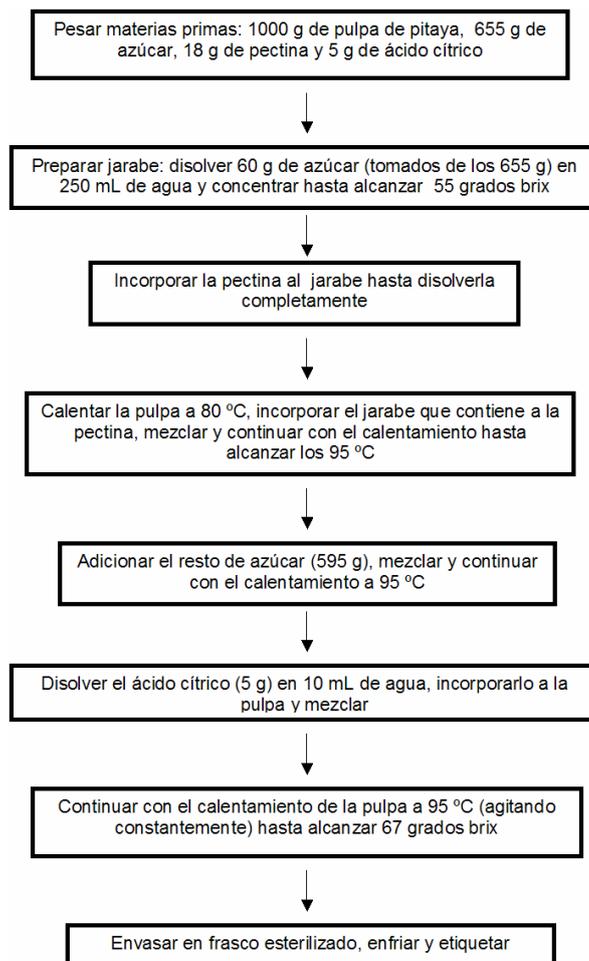
obtenida cumple con la norma, lo que sugiere que se trabajó bajo condiciones sanitarias adecuadas.

**Cuadro 15. Análisis microbiológico del ate.**

<b>MICROORGANISMO</b>	<b>LIMITE UFC/g Norma Oficial Mexicana</b>	<b>VALORES REGISTRADOS PARA ATE</b>
Mesófilos Aerobios	50	Menos de 50 UFC/g
Coliformes Totales	Menos de 10	Menos de 10 UFC/g
Mohos y Levaduras	Menos de 10	Menos de 10 UFC/g

### **5.3.3 Desarrollo y evaluación de la conserva de mermelada**

Para el desarrollo de la mermelada se partió del mismo proceso y formulación final del ate, pero sólo se hizo un ajuste en el proceso, el cual requirió incorporar en menos tiempo el ácido cítrico, es decir, en lugar de esperar los cinco minutos sólo fueron dos minutos (figura 16). Este cambio se hizo debido a que la concentración final de sólidos totales para este tipo de conserva fue menor (67 °Brix) en comparación al ate. Este aspecto puede ser una ventaja a futuro si es que se desea diseñar una planta procesadora de pitaya, en la cual se podría manejar ambas líneas de producción de conservas (ate y mermelada), ya que se utilizaría el mismo equipo y las operaciones unitarias que se aplicarían son prácticamente las mismas. Sólo se tendrían que hacer los ajustes en los tiempos de concentración final de la base de fruta.



**Figura 16. Proceso de elaboración de la mermelada de pitaya.**

Con respecto a la formulación, se obtuvieron dos propuestas finales para la mermelada (A y B), las cuales tenían la misma cantidad de pectina y ácido cítrico pero con porcentajes de azúcar distintos (la mermelada A se preparó con una proporción de fruta del 60% y 40% p/p de azúcar y la mermelada B con un 42.5 % de fruta y un 57.8% de azúcar p/p) [cuadro 16]. Es importante aclarar que ambas formulaciones se asemejan a lo que se establece en las Normas Mexicanas para las mermeladas que se hacen de otros frutos como el durazno (NMX-F-131-1982), la fresa (NMX-F-130-1982), la naranja (NMXF128-1982) y la piña (NMXF127-1982), en donde, se sugiere que se tenga por lo menos una proporción de fruta de 40% y de azúcar de 60%, la posibilidad de utilizar un edulcorante calórico como el

azúcar, un máximo de 0.2% peso de los ácidos orgánicos como el cítrico, la posibilidad de agregar pectina de tal manera que el producto terminado contenga como máximo un 4.5% en base seca y sin la adición de colorantes ni saborizantes artificiales. Además de respetar la sugerencia de los porcentajes mínimos de fruta y azúcar, en esta ocasión ambas formulaciones no rebasaron el 0.2% de ácido cítrico permitido, ni tampoco se le incorporaron saborizantes ni colorantes artificiales. Con respecto al contenido de pectina no se puede hacer una comparación con respecto a la Norma Mexicana de otros frutos ya que no se sabe cuánto de lo incorporado representa en base seca del producto final, pero se puede comentar que ambas formulaciones tan sólo usaron menos del 1.5 % de pectina (para la formulación A representa 1% p/p de la masa inicial y para la formulación B un 0.75% p/p de la masa inicial).

**Cuadro 16. Diferencias en las formulaciones de las mermeladas.**

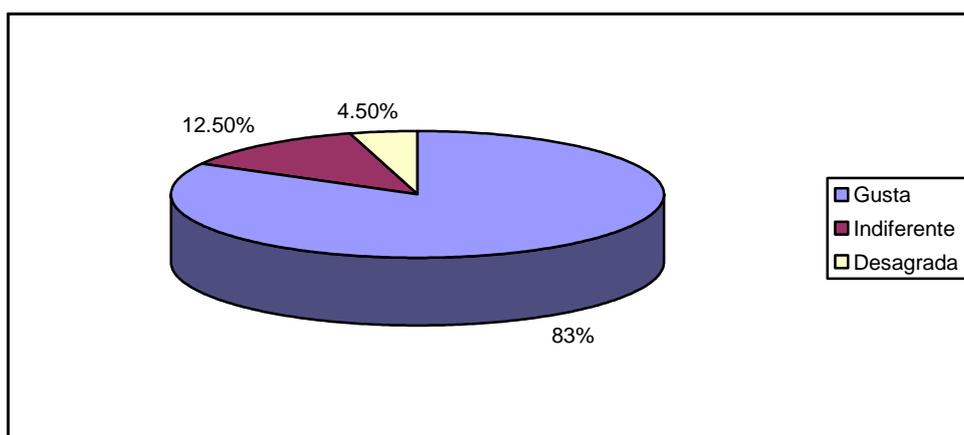
<b>INGREDIENTE</b>	<b>FORMULACIÓN A</b>	<b>FORMULACIÓN B</b>
Pulpa de fruta	1000 g	1000 g
Azúcar	655 g	1352 g
Pectina	18 g	18 g
Ácido cítrico	5 g	5 g

Otra diferencia que se hizo en la formulación de las mermeladas fue que en la B la pulpa de pitaya que se utilizó estaba la mitad molida y la otra parte era sin moler en una relación 1:1, mientras que para la mermelada A se usó la pulpa tal cual sin moler las semillas. La razón por la cual se probó moler la pulpa fue que en los ensayos preliminares algunos consumidores comentaron que las semillas estaban demasiado grandes y eran difíciles de tragar ya que estaban muy duras. El resultado de estas discrepancias fue que se obtuvieron dos productos que tenían consistencias semisólidas diferentes, siendo la forma A más firme (sin llegar a ser gomosa o muy elástica), menos untable y menos fluida con respecto a la B, pero con el mismo color rojo uniforme, lustre brillante, aroma característico de la pitaya y ausencia de sabores o aromas extraños. En el caso de la formulación B se percibía un poco más el sabor dulce del azúcar (pero sin perderse el de la pitaya) ya que su formulación tenía mayor cantidad de esta materia prima. La razón por la cual se trabajó con dos consistencias

fue que en el mercado hay una gama amplia de mermeladas con diferentes texturas existiendo mermeladas desde muy fluidas y untables hasta las que son más duras.

Como parámetros de calidad final a las mermeladas se les midió el pH y los grados brix. Los grados brix finales que alcanzaron las mermeladas fue de 67 ° brix (tanto para la A como para la B), valor que entra dentro de lo establecido para otros tipos de mermeladas como son la de fresa, durazno, naranja y piña en donde según las Normas Mexicanas requieren como mínimo un 64 % de sólidos totales (NMX-F-131-1982, NMX-F-130-1982, NMXF128-1982, NMXF127-1982). Con respecto al valor de pH se sugiere que los productos finales oscilen desde un valor de 3 a 3.5. En esta ocasión el valor promedio que se alcanzó en las dos mermeladas fue de 3.1, por lo que se asemeja a lo establecido en mermeladas de otros frutos.

Una vez que se obtuvieron ambas propuestas de mermeladas, se sometieron a una evaluación sensorial de prueba de nivel de agrado haciendo una comparación simultánea para saber si los consumidores preferían alguna consistencia en particular para la mermelada de pitaya. Sin embargo, al analizar estadísticamente los resultados obtenidos se encontró que no existió diferencia significativa en cuanto al nivel de agrado que presentó la mermelada A con respecto a la B. Además, ambas muestras salieron bien calificadas ya que el 83 % de los jueces las calificaron positivamente, de los cuales el 50% lo evaluaron en el punto máximo de agrado y sólo el 4.5% les desagradó el producto (figura 17). Por lo tanto, se optó por la formulación A, ya que ésta contenía menos azúcar lo que permite reducir los costos en la formulación. Con respecto a las semillas, se encontró que a pesar de que son duras es importante no molerlas ya que son componentes importantes que le dan los atributos sensoriales adecuados al producto, ya que al masticarlas contribuyen a dar las notas de sabor característico que tiene la pitaya. Además, se tiene la ventaja de que no se requiere de pasar la pulpa por otra operación unitaria extra como sería la molienda. También, se encontró que la textura de la semilla varía de un lote a otro dependiendo del tipo de variedad de pitaya.



**Figura 17. Nivel de agrado de la mermelada.**

Finalmente, para conocer la calidad microbiológica de la mermelada desarrollada se realizó la determinación de hongos y levaduras, mesófilos aerobios y coliformes totales, según lo establecido por la Norma Oficial Mexicana (NOM-130-SSA1-1995) para este tipo de productos (cuadro 17). Los resultados del análisis microbiológico muestran que la conserva obtenida cumple con la norma, lo que sugiere que se trabajó bajo condiciones sanitarias adecuadas.

**Cuadro 17. Análisis microbiológico de la mermelada.**

<b>MICROORGANISMO</b>	<b>LIMITE UFC/g Norma Oficial Mexicana</b>	<b>VALORES REGISTRADOS PARA MERMELADA</b>
Mesófilos Aerobios	50	Menos de 50 UFC/g
Coliformes Totales	Menos de 10	Menos de 10 UFC/g
Mohos y Levaduras	Menos de 10	Menos de 10 UFC/g

## 6. CONCLUSIONES

- Se caracterizó parcialmente la mezcla (1:1) de las pulpas de *Stenocereus griseus* y *Stenocereus stellatus* de la región Mixteca Baja Oaxaqueña, obteniendo 0.0664 % de ácido cítrico, 8.462 °Brix, pH de 4.15, humedad del 87%, extracto libre de nitrógeno del 73.64%, un 12.68% de fibra cruda, 8.98% de proteína, 3.92% de cenizas y 0.79% de grasa cruda.
- Se desarrolló un proceso tecnológico y formulación para la obtención de una conserva de ate a base del fruto de *Stenocereus* spp.
- Se desarrolló un proceso tecnológico y formulación para la obtención de una conserva de mermelada a base de pitaya (*Stenocereus* spp.).
- La conserva tipo ate tuvo un buen nivel de agrado ya que el 95% de los jueces no entrenados la calificaron positivamente.
- Las dos formulaciones de conserva tipo mermelada fueron del mismo nivel de agrado para los consumidores, en donde el 83% la calificó positivamente, por lo cual se optó por la formulación que tenía menos contenido de azúcar y se evitaba la molienda de la pulpa.

## **7. PERSPECTIVAS**

- ∨ Desarrollar un empaque que se adecue al producto según sus requerimientos para mantenerlo viable para su consumo.
  
- ∨ Realizar el estudio de factibilidad económica y tecnológica para el establecimiento de una microempresa de conservas de pitaya (ate y mermelada) en la región Mixteca Oaxaqueña.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, G.L.M. 2000. Fermentación microbiana de la pulpa de pitaya (*Stenocereus queretaroensis*) para la liberación del pigmento hidrosoluble. Tesis, UACH, México.
- AOAC. 1997. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemist. A. O.S.C. USA.
- Badui, D.S. 1988. Diccionario de Tecnología de los Alimentos. Alhambra Mexicana. México.
- Becerra, O. L. A. 1994. El cultivo de la pitaya (*Selenicereus megalanthus*). Frutales nativos e introducidos con demanda nacional e internacional. XXXV Aniversario Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas. Primera reunión Internacional y segunda Nacional. Memorias. Montecillos, México.
- Boke, N.H. 1964. Developmental morphology and anatomy in cactacea. Bioscience. 30:605-610.
- Bravo, H.H. 1978. Las cactáceas de México. 2ª. ed. Vol. I. UNAM, México. Pp 743.
- Bravo, H.H. y H. Sánchez M. 1991. Las cactáceas de México. 3ª. ed. Vol. I y 3. UNAM, México. Pp 643.
- Britton, N.L., and J.N. Rose. 1937. The cactaceae: descriptions and illustrations of plants of the cactus family. 2th. Ed. New York, USA.
- Bruhn, J.G. 1971. *Carnegia gigantea*: the saguaro and its uses. Economic Botany. 23(3):320-329.
- Buxbaum, F. 1955. Morphology of cacti. Section I, II, and III. Abey Gard Press, Pasadena, USA.
- Cruz, H. J. P. 1985. Caracterización del fruto en cuatro tipos de pitaya (*Stenocereus stellatus* Riccobono). Tesis, UACH, México.
- De la Mora, G.K.G. 2001. Optimización de un producto tipo mermelada de fresa resistente a temperatura de horneado, maximizando su aceptación sensorial mediante el método taguchi. Tesis, UNAM, México.

- Felger, R. S. and M. B. Moser. 1974a. Columnar cacti in seri Indian culture, *The Kiva* 39 (3-4): 257-275.
- Felger, R.S. and M.B. Moser. 1974b. Seri Indian pharmacopeia. *Economic Botany*. 28:414-436.
- Felger, R. S. and M. B. Moser. 1976. Seri Indian food plants: desert subsistence without agriculture. *Ecol. Fodd Nutr.* 5(1): 13-27.
- Granados, S.D., Mercado, B.J.A. y R.G.F. López. 1999. Las pitayas de México. *Revista Ciencia y Desarrollo*. Marzo/Abril. Vol. XXV. No. 145. CONACYT. México. pp. 58-67.
- Gibson, A.C., and K.E. Horak. 1978. Systematic anatomy and phylogeny of mexican columnar cacti. *Annals. of the Missouri Botanical Garden* 65(4): 999-1057.
- Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán. 1999. *Composición de Alimentos Mexicanos*, (CD Multimedia interactivo español-inglés).
- Llamas L.I.J. 1984. El cultivo del pitayo en Huajuapán de León, Oax. *Memorias del Simposio sobre Aprovechamiento de las Pitayas*. Oaxaca, Oax. México, UAM-Xochimilco.
- Martínez, G.J.C. 1993. Caracterización de tipos de pitaya *Stenocereus griseus* Haworth en la Mixteca. Tesis. UACH. México.
- Mercado, B.A. y S.D. Granados. 1999. La pitaya: biología, ecología, fisiología, sistemática y etnobotánica. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. 194 p.
- Meyran, J. 1984. Observaciones sobre *Stenocereus griseus* . *Cact. Suc. Méx.* 29(1):6-10.
- Norma Mexicana. NMX-127-1982, Alimentos para humanos-Frutas y derivados-Mermelada de piña.
- Norma Mexicana. NMX-F-128-1982, Alimentos para humanos-Frutas y derivados-Mermelada de naranja.
- Norma Mexicana. NMX-F-130-1982, Alimentos para humanos-Frutas y derivados-Mermelada de durazno.
- Norma Mexicana. NMX-F-131-1982, Alimentos para humanos-Frutas y derivados-Mermelada de fresa.

- Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la cuenta de Mohos y Levaduras en Alimentos.
- Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Métodos para la cuenta de microorganismos Coniformes Totales en placa.
- Norma Oficial Mexicana NOM-130-SSA1-1995, Bienes y Servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico. Disposiciones y especificaciones sanitarias.
- Official Methods of Analysis. 1997. Association of official Analytical Chemists. USA.
- Olvera, M.J.A. 2001. La pitaya (*Stenocereus griseus* Hawork y *Stenocereus stellatus* Pfeiffer) una alternativa productiva en la Mixteca baja Oaxaqueña. Tesis.UACH. México.
- Pimienta, B.E. 1999. El pitayo en Jalisco y especies afines en México. Universidad de Guadalajara. Fundación Produce Jalisco, A. C., Guadalajara, Jalisco, México. 233 p.
- Piña, L.I. 1977. Pitayas y otras cactáceas afines del estado de Oaxaca. Cact. Suc. Méx. 22 (1): 3-13.
- Ramírez, A.V.A.M. 2000. Comparación de la pulpa de tejocote (*Crataegus mexicana*) como fuente de pectina y pectina comercial, para la elaboración de mermelada. Tesis. UACH. México.
- Ranken, M.D. 1993. Manual de Industrias de los Alimentos. 2ª. ed. Editorial Acribia. España.
- Rauch, G.H. 1987. Fabricación de Mermeladas.1ª. ed. Editorial Acribia. España.
- Sánchez, M.H. 1984. Origen, taxonomía y distribución de las pitayas en México. In: UAM-Xochimilco (eds), Memorias del Simposio sobre Aprovechamiento de las Pitayas. Oaxaca, Oax. México.
- Sánchez M.H. 1993. Las cactáceas de México. México, Conabio. UAM-Iztapalapa. 415 pp.
- Secretaría de Educación de Pública. 1999. Elaboración de Frutas y Hortalizas. Trillas. México.
- Sielaff, H. 2000. Tecnología de la fabricación de conservas. Editorial Acribia. España.

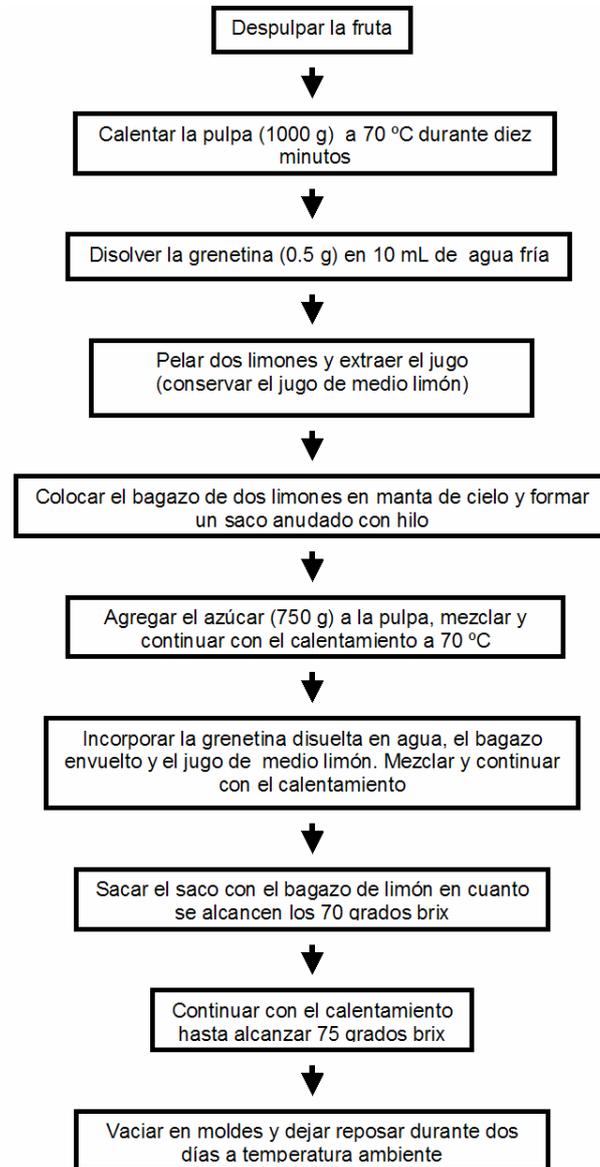
Sierra-Gómez, P.L.C. 2001. Elaboración de una pasta de frutas con alto contenido de antioxidantes (carotenoides). Tesis. UAM. México.

Ventura, A. E. 2001. Producción y comercialización de las pitayas de México. Tesis. UACH. México.

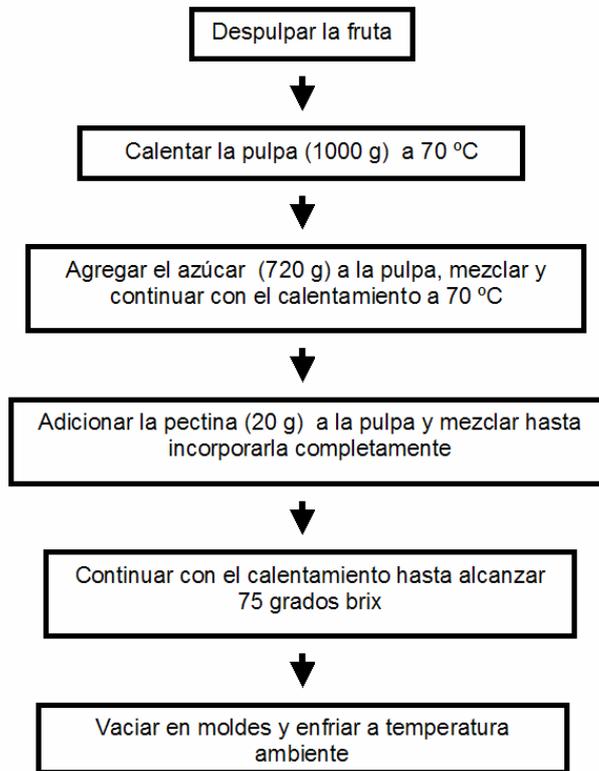
# ANEXOS

## ANEXO 1

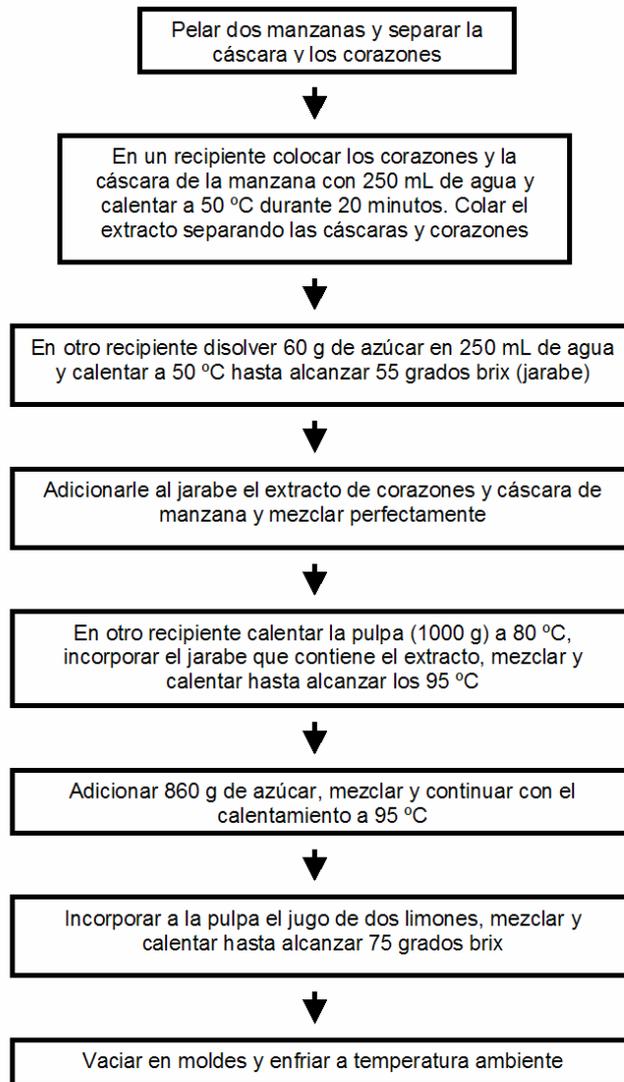
### PROCESO 1 PARA LA ELABORACIÓN DE LAS CONSERVAS



## PROCESO 2 PARA LA ELABORACIÓN DE LAS CONSERVAS



### PROCESO 3 PARA LA ELABORACIÓN DE LAS CONSERVAS



**FORMATO PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATE**

**Instrucciones:**

En la siguiente escala de puntuación anotar con una “X” el comentario que mejor describa el nivel de agrado de la muestra que ha probado. Tenga presente que usted es el consumidor y el único que puede decidir lo que le gusta. Nadie sabe si este alimento debe ser considerado bueno o malo, la sincera expresión de su sensación personal nos ayudará a evaluar.

- \_\_\_\_\_ Me gusta mucho
- \_\_\_\_\_ Me gusta
- \_\_\_\_\_ Indiferente
- \_\_\_\_\_ Me disgusta
- \_\_\_\_\_ Me disgusta mucho

**COMENTARIOS:**

---

---

---

## FORMATO DE EVALUACIÓN SENSORIAL PARA MERMELADA

### Instrucciones:

Con base a la siguiente escala de puntuación, anote con una "X" el comentario que mejor describa el nivel de agrado para cada una de las muestras de mermelada que ha probado. Tenga presente que usted es el consumidor y el único que puede decidir lo que le gusta. Nadie sabe si este alimento debe ser considerado bueno o malo, la sincera expresión de su sensación personal nos ayudará a evaluar.

ESCALA HEDONICA	F O R M U L A C I O N	
	5 1 0	7 2 4
Me gusta mucho		
Me gusta		
Indiferente		
Me disgusta		
Me disgusta mucho		

### COMENTARIOS:

---

---

---

---

---

## FORMATO DE EVALUACIÓN SENSORIAL PARA MERMELADA

### Instrucciones:

Con base a la siguiente escala de puntuación, anote con una “X” el comentario que mejor describa el nivel de agrado para cada una de las muestras de mermelada que ha probado. Tenga presente que usted es el consumidor y el único que puede decidir lo que le gusta. Nadie sabe si este alimento debe ser considerado bueno o malo, la sincera expresión de su sensación personal nos ayudará a evaluar.

ESCALA HEDONICA	F O R M U L A C I O N	
	724	510
Me gusta mucho		
Me gusta		
Indiferente		
Me disgusta		
Me disgusta mucho		

### COMENTARIOS:

---

---

---

---

---