

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE QUIMICA

APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE
TUNABLANCA (*Opuntia ficus indica*)
PARA EL LABORACIÓN DE MERMELADAS
Y CRISTALIZADOS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS
P R E S E N T A
MARIA ALEJANDRA VALENCIA ACEVEDO

DIRECTOR DE TESIS
M. EN C.: ZOILA NIETO VILLALOBOS



MÉXICO, DF.

EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUIMICA

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

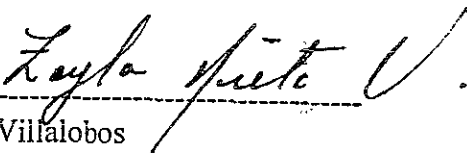
JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE	Prof. Nieto Villalobos Zoila
VOCAL	Prof. Iturbe Chinas Francisca
SECRETARIO	Prof. León Félix Marco Antonio
1er. SUPLENTE	Prof. Sandoval Guillen Bertha Julieta
2do. SUPLENTE	Prof. Ortiz Palma Pérez Juan Diego

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

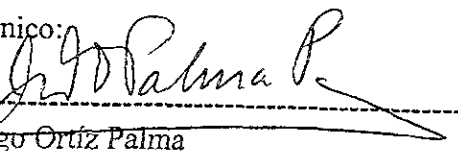
Laboratorio del Departamento de Alimentos Y
Biotecnología. Lab. A y B Edif. A
Facultada de Química UNAM

Asesor del Tema:



M. en C. Zoila Nieto Villalobos

Supervisor Técnico:



QBF. Juan Diego Ortiz Palma

Sustentante:



Maria Alejandra Valencia Acevedo

AGRADECIMIENTOS

Quiero aprovechar la oportunidad para dar las gracias muy especiales a la Maestra Zoila Nieto Villalobos y al QFB Juan Diego Ortiz Palma por la confianza y dirección tan profesional que los distingue, la dedicación, motivación y su disposición académica. Al jurado integrado, además de mi directora de tesis, les agradezco sus oportunos comentarios que han enriquecido la presentación final de esta tesis.

A la facultad de Química en material de la UNAM el haberme aceptado como estudiante asociada y así mismo disponer de sus instalaciones y servicios durante la elaboración de esta tesis. Él poder concluir esta tesis fue gracias al apoyo de quienes ahí laboran.

A todas aquellas personas que directa o indirectamente colaboraron en la elaboración de esta tesis.

INDICE

	Pág.
RESUMEN	1
CAPÍTULO I	
Introducción	2
Objetivos	3
CAPÍTULO II	
Antecedentes	
IIA. Características del nopal tunero	4
IIB.-Producción del nopal	5
IIC.-Comercialización del nopal tunero	6
IID. Características de la tuna blanca (Opuntia ficus indica)	7
IIE.-Composición química de la tuna blanca	8
IIF.-Pectinas y geles pecticos	9
IIG.-Aprovechamiento de la tuna	13
IIH.-Conservación de la tuna	14
III.-Conservación de los alimentos	16
IIJ.-Técnica de la elaboración de la mermelada	19
IIK.-Técnica de elaboración del cristalizado	23
IIIL.-Modificaciones del color en los vegetales verdes	28
IIILL.-Pruebas de evaluación sensorial	30
IIM.-Análisis microbiológicos	32
CAPÍTULO III	
Materiales y métodos	33
CAPITULO IV	
Resultados y discusión	48
CAPITULO V	
Conclusiones	66
Recomendaciones	67
CAPITULO VI	
Bibliografía	68
CAPITULO VII	
Apéndice	72

RESUMEN

En el presente trabajo se estudio la composición y características de la cáscara de tuna blanca (**Opuntia ficus indica**).

El análisis proximal reveló contenidos relativamente bajos de proteína y extracto etéreo (0.25 y 0.14%, respectivamente). Se encontró que la cáscara tiene un valor de pH de 5.6, una acidez de 0.11% como ác. cítrico y el contenido de sólidos solubles fue de 10.5%.

Se extrajo pectina de la cáscara de tuna blanca mediante hidrólisis ácida a escala de laboratorio. Se aplicó un diseño experimental, manteniendo como variables la temperatura (85 y 92°C), el pH (1.5 y 3.0) y el tiempo de extracción (50 y 70 min.). Las variables de respuesta fueron el rendimiento y el % de esterificación, los mejores tratamientos fueron a 85°C, pH de 1.5 y tiempo de 50 min, con un rendimiento de 0.69% en BH y 9.78% de esterificación. Se encontró que el proceso de extracción puede ser factible a nivel industrial.

Se desarrollaron dos productos: una mermelada y un cristalizado de la cáscara de tuna blanca los cuales presentaron buenas características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas para comercializarse.

CAPITULO I

INTODUCCIÓN

La tuna en sus diferentes variedades se encuentra distribuida en casi toda la República Mexicana; posee un gran potencial para su desarrollo en zonas áridas o semiáridas, gracias a que es un cultivo poco exigente en cuanto a condiciones de suelo y agua.

La tuna blanca (**Opuntia ficus indica**) ha sido estudiada, desde el punto de vista frutal, desarrollándose un gran número de productos como: mermeladas, jaleas, cristalizados, miel, queso, jugo enlatado y colanche entre otros. Así mismo, la semilla se ha utilizado para la extracción de aceite comestible.

La cáscara de tuna blanca, la cual representa el 46.4% del total del fruto no ha sido utilizada más que como forraje; motivo por el cual se pensó en el desarrollo de esta investigación, con el fin de darle un uso más adecuado y lograr así un aprovechamiento integral de la tuna blanca. La cáscara contiene una serie de nutrimentos y características que la hacen útil para elaborar productos típicos como mermelada y cristalizado e incluso ser una buena fuente de pectina a nivel industrial.

Con el proyecto se pretende lograr un aumento en el ingreso per capita de los habitantes de las zonas tuneras, las que generalmente se localizan en regiones semiáridas; y por lo tanto con recursos naturales muy escasos. Estableciendo beneficios como la creación de fuentes de trabajo y con ello una elevación de nivel de vida para el agricultor y la localidad.

OBJETIVOS

GENERAL:

Utilizar la cáscara de tuna blanca (**Opuntia ficus indica**) para desarrollar una mermelada y un cristalizado; así como para obtener pectina.

ESPECIFICOS:

1. Caracterizar y acondicionar la cáscara de tuna blanca para la elaboración de los productos
2. Desarrollar la metodología del proceso de los productos.
3. Obtener una mermelada y un cristalizado con las características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas adecuadas para su comercialización.
4. Extraer pectina de la cáscara de tuna blanca y evaluar si es factible a nivel industrial.

CAPITULO II

ANTECEDENTES

II.A.-CARACTERÍSTICAS DEL NOPAL TUNERO

El nopal es una planta perteneciente a la familia de las cactáceas, la cual es originaria del Continente Americano y México tiene el privilegio de albergar en su territorio la más grande variedad de géneros (45).

Antes del descubrimiento de América, las cactáceas tenían un lugar preferente en la economía, pues una gran cantidad de productos alimenticios y medicinales provenían de ellas (20,41).

De una forma sencilla el nopal (**Opuntia vulgaris**) se puede definir como una planta de tallo formado por una serie de paletas en forma cilíndrica o aplanada, erizadas de espinas, presentando flores grandes con abundantes pétalos y fruta en baya de corteza verde amarillenta, generalmente de pulpa comestible, dulce, de color diferente, llamada **tuna**. El nopal se caracteriza por ser una planta xerófila, suculenta y resistente a la sequía (36,41).

La clasificación Taxonómica de las Opuntias en general se muestra en la tabla número 1

Tabla No. 1
Clasificación Taxonómica de las Opuntias en General.

Reino	Vegetal
Subreino	Embryophyta
División	Angiosperma
Clase	Dicotiledónea
Subclase	Dialipétalas
Orden	Opunteales
Familia	Cactáceas
Tribu	Opuntiae
Genero	Opuntia
Subgénero	Platyopuntia
Especie	Ficus indica

II.B.-PRODUCCIÓN DEL NOPAL

PRINCIPALES ZONAS PRODUCTORAS DEL NOPAL

Las zonas áridas y semiáridas del país, contienen grandes superficies cubiertas por diferentes especies de nopal; sin embargo, su explotación se ha venido practicando con poco conocimiento de sus características productivas aprovechando al mínimo las virtudes que como fruto, verdura o forraje tiene este cultivo (41).

Las principales zonas productoras del país se concentran en el Distrito Federal y diez estados de la República de los cuales San Luis Potosí, Oaxaca, Jalisco y el Distrito Federal cultivan ésta planta con el fin de obtener verdura y el resto para tuna y forraje (49).

SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS

Es importante destacar que los rendimientos son muy variables de región en región, si se considera que las características propias del cultivo en algunas zonas se da casi en forma silvestre, en otras se les da un mínimo de cuidado y en muy pocas se practican las labores de cultivo correspondientes. Tabla No. 2.

Tabla No. 2
PRODUCCIÓN NOPAL TUNA

ESTADO	SUPERFICIE COSECHADA (Ha)	PRODUCCIÓN (Ton)	RENDIMIENTO (Ton/Ha)
AGUASCALIENTES	2,557.0	10,137.0	4.0
COAHUILA	67.0	402.0	6.0
DURANGO	2.0	3.0	1.5
GUANAJUATO	123.0	644.0	5.2
HÍDALGO	4,434.0	20,013.0	4.5
JALISCO	866.0	5,517.0	6.4
MÉXICO	8,450.0	71,825.0	8.5
MICHOACÁN	13.0	42.0	3.2
NAYARIT	3.0	23.0	7.6
PUEBLA	1,038.0	8,395.0	8.1
QUERETARO	124.0	250.0	2.0
SAN LUS POTOSI	2,405.0	9,328.0	3.8
ZACATECAS	12,946.0	73,471.0	5.7
TOTAL	33,028.0	200,050.0	
PROMEDIO	2,540.6	15,388.5	5.1

Fuente: Dirección General de Información Agropecuaria Forestal
Y de Fauna Silvestre, SARH 1993. (16)

II.C.-COMERCIALIZACIÓN DEL NOPAL TUNERO.

Los márgenes de comercialización del nopal y la tuna son muy fluctuantes, ya que están en relación con la estacionalidad de la producción y el intermediarismo; con lo que se deduce que estos fenómenos son los que determinan que la mayor parte de los beneficios no se obtengan en la producción, sino en la comercialización (28).

La introducción de la tuna a la Ciudad de México se hace a través de la Central de Abasto, principalmente, de donde se distribuye a los diferentes expendios de la ciudad y su periferia (36).

Algunos de los problemas que se presentan en la comercialización de la tuna son:

- Excesiva intermediación por la ausencia de la organización entre pequeños productores que garanticen canales de comercialización adecuados.
- Fuertes pérdidas postcosecha, por desconocimiento de métodos adecuados de empaque.
- Ausencia de sistemas adecuados de transporte y comercialización.
- Insuficiente asistencia técnica para manejo postcosecha.
- Desconocimiento de las normas oficiales de los productos (49).

II.D.-CARACTERÍSTICAS DE LA TUNA BLANCA (*Opuntia ficus indica*).

Tuna Alfajayucan: Grande, de forma oval, con ahuetes desde la base y espinillas, pulposa y muy jugosa, blanca amarillenta, cáscara verde - amarillo por lo cual se clasifica comúnmente como tuna blanca (1). La floración se presenta en los meses de Febrero y Marzo, cosechándose en los meses de Junio a Septiembre según la región (33).

Una tuna de tamaño regular en estado óptimo de madurez esta compuesta por termino medio de 55.8% de pulpa y 39.2% de cáscara; la cantidad de semilla que contiene la pulpa representa el 5% del peso total del fruto (1,8).

El peso promedio del fruto oscila entre 120 y 140g; dependiendo del grueso de la cáscara (1).

El pericarpio o cáscara de este fruto "carnoso" esta forrado exteriormente por una cutícula delgada provista de pequeños tubérculos aislados, los cuales tienen numerosas espinillas. La parte carnosa de la cáscara es mucilaginoso, cuyo protoplasma contiene cloroleucitos, carotina y antoleucitos para los efectos de la coloración de las partes del fruto, contiene además sustancias pécticas (8,41).

La composición de la pulpa y cáscara no se altera al tener el fruto almacenado, pero si disminuye en algo su peso total, notándose que esta alteración afecta sobre todo a la pulpa que pierde parte de su peso, en tanto que la cáscara aumenta. Claramente indica esto que el agua del fruto pasa de la pulpa a la cáscara, pero este cambio no influye la composición íntima.

Según los análisis obtenidos antes y después de almacenarse las tunas sufren otra alteración, como es el decremento de la acidez, tanto en la pulpa como en la cáscara (1,13).

II.E.-COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA TUNA BLANCA

Sobre este aspecto existen los siguientes datos en análisis efectuado a 100g de pulpa con semilla, los cuales varían dependiendo de la variedad de la tuna, estado de madurez y condiciones ecológicas (37,52). Tabla No. 3

Tabla No. 3
Composición química de la tuna

HÚMEDAD	81.00-91.00%
CARBOHIDRATOS	6.00-14.00%
GRASAS	0.10%
PROTEÍNAS	0.10-1.21%
CENIZAS	0.30-0.70%
FIBRA CRUDA	1.50-2.85%
CALCIO	25.00-40mg
FÓSFORO	39.00mg
FIERRO	0.45mg
CARBONATOS	0.08mg
TIAMINA	0.01mg
RIBOFLAVINA	0.03mg
NIACINA	0.20-0.4mg
AC.ASCÓRBICO	13.50-42.00mg
ENERGÍA	38Kcal/100g

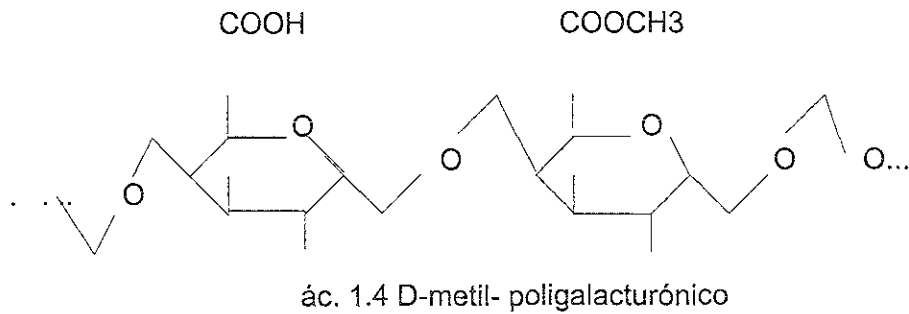
La tuna blanca contiene pectina, protopectina, lignina, celulosa, pentosanas, ácidos orgánicos y como se ha visto, proporciona 38Kcal/100g de tuna; un poco más que la sandía y la fresa. En cuanto a acidez las tunas caen dentro de los alimentos no ácidos ya que presenta un pH que fluctúa entre 5.4 y 6.4 dependiendo del estado de madurez y variedad de la tuna (37,52).

II.F.-PECTINAS Y GELES PECTICOS

ESTRUCTURA.

Las sustancias pécticas son polímeros lineales del ácido galacturónico, que tienen una parte más o menos amplia de grupos carboxílicos esterificados por radicales metilo (6,21) Ver la Fig. No.1

Fig.No.1



Las péctinas se encuentran principalmente en las paredes celulares y en los espacios intercelulares de los tejidos vegetales en forma de protopectina, son capaces de retener mucha agua y son responsables de la firmeza de algunos productos (13,21).

Una terminología correcta exigiría que se llamasen únicamente pectinas a las cadenas poligalacturónicas metiladas al 100% y ácidos pectínicos las que tuviesen una proporción de metilación inferior al 100%; el término ácido péctico designa los ácidos poligalacturónicos exentos de metoxilo (32).

PODER GELIFICANTE.

La propiedad más importante de la pectina es su capacidad para formar geles. Las características del gel dependen esencialmente de dos factores: longitud de la molécula péctica y su grado de metilación (47).

Para un mismo contenido en pectina de gel final, la longitud de la molécula condiciona su rigidez o firmeza. Por debajo de una cierta longitud molecular, una pectina no forma geles, cualquiera que sea la dosis empleada y las restantes condiciones del medio.

El grado de metilación contribuye a regular la velocidad de gelificación, debido a la influencia de los enlaces entre moléculas pécticas, también es responsable de algunas propiedades sensoriales de los geles pectina-azúcar, ácido, que forman las pectinas de alto metoxilo (21).

FORMACIÓN DE GELES PECTICOS.

Las pectinas y los ácidos péctinicos son hidrocoloideos, fuertemente hidratados, que se encuentran en solución; las moléculas de agua están unidas por enlaces de hidrógeno a los grupos hidróxido de la cadena polimetilgalacturónica. Asimismo las moléculas pécticas tienen cargas eléctricas negativas, lo que las conduce a estirarse y aumentar así la viscosidad de la solución y a rechazarse entre sí. Esto hace que la molécula se encuentre en estado disperso. Cuando se reducen las cargas y la hidratación, los filamentos de pectina tienden a precipitar; se aproximan los unos a los otros y se enlazan entre sí, formando una red tridimensional amorfa, sólida, que retiene, entre sus mallas la fase líquida (13).

Cuando la pectina tiene una proporción elevada de metoxilo, el grado de hidratación se reduce mediante la adición de azúcar y la disminución de la carga eléctrica se consigue por un aporte de iones H^+ , el enlace de unas moléculas pécticas a otras queda básicamente asegurado, por uniones hidrógeno entre grupos hidróxido; éstos son enlaces débiles y los geles pecticos de este tipo se caracterizan por una gran plasticidad, lo que hace pensar que se deba a la movilidad de unas moléculas con relación a otras (21,23).

Cuando la pectina es de bajo metoxilo y por lo tanto la proporción de grupos $-COO^-$ disponibles elevada, los enlaces que se establecen entre moléculas

pécticas son enlaces iónicos, asegurados por cationes bivalentes, especialmente Ca^{++} . Los geles pécticos, de baja proporción de metoxilo, son elásticos (11).

TIPOS DE PECTINA.

La capacidad que tiene una pectina para formar un buen gel, depende de su grado de metilación, razón por la cual las pectinas comerciales se han dividido en dos grandes grupos (47).

a).- Pectina de alto metoxilo.- Es aquella que contiene más del 50% de sus grupos carboxilo en forma esterificada y gelifica dentro de un intervalo de pH 2.0 a 3.5 y con 60 a 65% de azúcar (21,47).

b).- Pectina de bajo metóxilo.- Es aquella con grado de metilación, menor al 50%, para gelificar requiere la presencia de iones bivalentes y de un intervalo de pH 2.8 a 6.5, no requiere de azúcar; sin embargo una pequeña cantidad ayuda a proporcionar mayor rigidez (11,21).

EXTRACCIÓN DE PECTINA POR EL MÉTODO DE HIDROLISIS ÁCIDA.

La primera etapa en la obtención de péctinas, a partir de las materias que la contienen, es la penetración de agua acidificada a través de los micro poros celulares. Además del medio ácido, la acción de la temperatura ayuda a romper las paredes celulares, hidrolizar las protopectinas y solubilizar las sustancias pécticas (5).

Una vez solubilizada la pectina, se precipita con alcohol o con compuestos inorgánicos, como sales de aluminio o de cobre que posteriormente se eliminan

por lavado. Simultáneamente comienza un proceso de degradación de macromoléculas pécticas (5,12).

Finalmente se realiza la purificación de la pectina bruta ya que contiene diversas impurezas como celulosa, pentosanas, galactosanas y otros compuestos, deberá ser purificada mediante repetidas precipitaciones y redisoluciones, empleando etanol-HCl (10,48).

II.G.-APROVECHAMIENTO DE LA TUNA

APROVECHAMIENTO DE LA TUNA COMO FRUTA

La tuna como fruta a través del tiempo se le ha dado varios usos, a continuación se mencionan algunos de ellos:

1. Fruta fresca de tiempo
2. Jugo natural
3. Elaboración de mermelada
4. Elaboración de frutas cristalizadas
5. Elaboración de mieles de tuna
6. Elaboración de colonche (bebida fermentada)
7. Elaboración de azúcar
8. Extracción de colorante
9. Elaboración de vino
10. Elaboración de vinagre

APROVECHAMIENTO DE LA SEMILLA DE LA TUNA

1. Extracción de aceite comestible
2. Elaboración de alimento compensado

APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE TUNA

1. Forraje verde para ganado
2. Forraje ensilado, achicalado y deshidratado
3. Materia prima para alimento compensado

Se han realizado una gran cantidad de estudios para elaborar productos a partir de la fruta de tuna y muy pocos para la cáscara, a pesar de que alcanza un 40 % de la composición de la tuna. Resulta importante se realicen estudios para el aprovechamiento de la cáscara de tuna, el cual tiene como propósito el presente trabajo.

II.H.-CONSERVACIÓN DE LA TUNA

Las tunas se pueden conservar frescas, debido a la estructura particular de todas las cactáceas, resguardadas con esa fuerte cutícula que impide la evaporación y ataque de los insectos.

La duración de las tunas depende sobre todo de que haya sido cortada antes de su completa madurez y con cuidado de no golpearlas (8).

Los factores que intervienen en la rapidez de descomposición de un fruto para determinar su calidad pueden dividirse en dos grupos de acuerdo a su origen.

1.- Los factores que corresponden al estado general de los frutos que se van almacenar, como son:

- Hidrólisis de macromoléculas. Por lo que aumenta el contenido de mono y disacáridos el de ácidos pécticos y disminuye el de taninos.
- Degradación de la clorofila.
- Formación de nuevos pigmentos rojos y amarillos (en el caso de la tuna se forman: betanina, isobetanina y betaxantina).
- Disminuye el contenido de algunos ácidos (en la tuna especialmente ácido cítrico).
- Aumenta el contenido de esteres, aldehídos y cetonas.

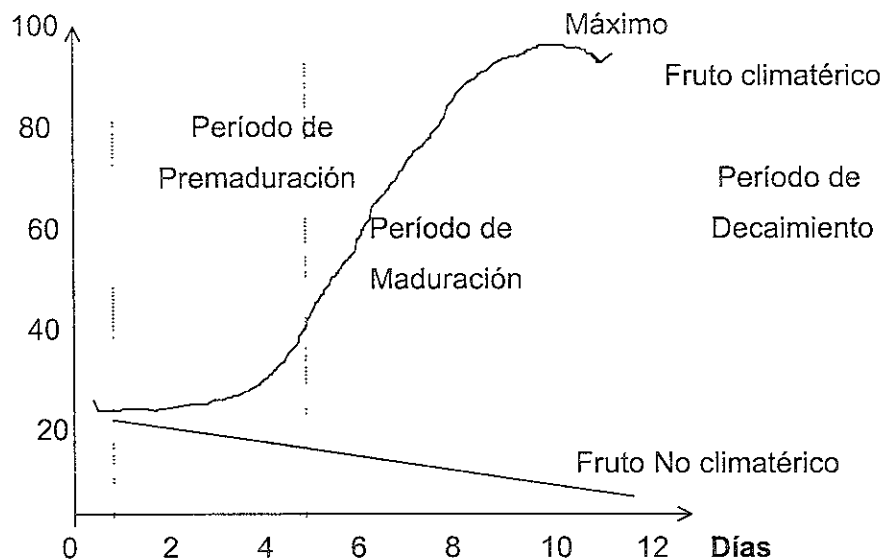
Todas estas transformaciones determinan el color, consistencia, sabor y aroma del fruto al madurar.

2.- Los frutos que siguen un ciclo de maduración en el cual la intensidad disminuye hasta llegar a un mínimo, luego vuelve a subir hasta un máximo, para bajar por último hasta desaparecer, reciben el nombre de "frutos climatéricos". Este grupo se caracteriza por tener la facultad de madurar después de cosechados, lo que no ocurre con los frutos llamados "no climatéricos" que deben cortarse maduros (13).

En la figura No. 2 se ilustra el comportamiento de los frutos "Climatéricos" y no "Climatérico.

Figura No.2
Diferencias en la variación de intensidad respiratoria entre frutos climatéricos y no climatéricos.

Intensidad Respiratoria



Los frutos y las legumbres pueden almacenarse sólo en el tiempo en que se conservan vivos y con capacidad de resistir al ataque de los microorganismos en estado fresco o deberán acondicionarse mediante métodos de conservación para alargar la vida y disponer estos en toda la época del año.

II.I.-CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS.

La conservación comercial de los alimentos mejora su suministro. Este procesamiento es muy importante ya que los productos hay que llevarlos de un punto a otro ya sea como materia prima o como producto terminado; existe otro punto muy importante y es el referido a la existencia de la materia prima, ya en muchos casos sólo se puede conseguir en cierta época del año, la cual hay que

aprovechar para almacenar la mayor cantidad posible y por consiguiente tenerla debidamente conservada.

MÉTODOS DE CONSERVACIÓN

Existen varios métodos de conservación como son: la refrigeración, el enlatado, la radiación, la fermentación, la adición aditivos químicos y los métodos de preservación por el empleo de azúcar. Este último conduce a la preparación de compostas, jaleas, ates, mermeladas y frutas cristalizadas.

CONSERVACIÓN POR EL EMPLEO DE AZÚCAR.

El azúcar es un ingrediente básico utilizado desde hace siglos en la preparación, nutrición y preservación de alimentos. Como jaleas, ates, mermeladas y frutas cristalizadas que se caracterizan por su alta concentración de azúcar y la eliminación de agua por evaporación (30).

La sacarosa, glucosa y fructosa presentan propiedades funcionales que así lo han permitido, como son: alta solubilidad en agua, el incremento de la presión osmótica ejercida en el medio en que estén presente, la capacidad de cristalizar a partir de soluciones sobresaturadas, así como el efecto bacteriostático que presenta a concentraciones determinadas (por disminución de la actividad de agua).

La actividad de agua es la porción de agua disponible de un alimento, que propicia diversas reacciones químicas, enzimáticas y microbiológicas, que son las tres principales causas de deterioro en los alimentos. Las soluciones de azúcar

presentan la capacidad de disminuir esta actividad de agua, mediante formación de hidratos.

El azúcar puede alterar el crecimiento de microorganismos en alimentos, debido al proceso de plasmolisis (deshidratación) que les ocasiona (14).

El azúcar puede adicionarse a los alimentos en seco, o en forma de jarabe a diversos grados de concentración. El tipo y la concentración de azúcar determinarán la capacidad para favorecer o detener el desarrollo microbiano. Por lo general una concentración que va del 1 al 10 % de azúcar influirá en el desarrollo de cierta clase de microorganismos y una concentración del orden del 50% detendrá el crecimiento de la mayoría de las levaduras. Generalmente se piensa que es necesario alcanzar concentraciones de azúcar de 65 y 80% aproximadamente para inhibir el crecimiento de bacterias y hongos respectivamente.

Investigaciones sobre la acción germicida de los azúcares, han proporcionado algunos resultados, como por ejemplo: La acción germicida de la glucosa y de la fructosa es más que el de la sacarosa o que el de la lactosa. Lo que se debe al diverso grado de plasmolisis que ocasionan en las células microbianas, lo que a su vez depende del número de partículas presentes en una solución (53).

Dado que, las moléculas de dextrosa y de fructosa poseen cada una, un peso molecular de 180 (unidades de peso/mol), lo que implica que contienen más moléculas por unidad de peso que la sacarosa o que la lactosa cuyo peso molecular es de 342 (unidades de peso/ mol). Así se explica que la actividad germicida de los azúcares decrece con el aumento del peso molecular de los mismos (30).

CONCEPTO DE MERMELADA.

La mermelada es el producto de consistencia gelatinosa, obtenido por la cocción y concentración de frutas dulces, sanas, limpias y adecuadamente preparadas, adicionadas de edulcorante, con o sin adición de agua (9,17,19).

Las mermeladas deberán presentar: buena consistencia, buen color, sabor y aromas agradables (40).

CONCEPTO DE CRISTALIZADO

Son frutas impregnadas de azúcar, de consistencia firme, obtenidos de una osmodeshidratación, a partir de frutas sanas, limpias y adecuadamente preparadas.

Los cristalizados deberán presentar buena consistencia, color brillante, sabor y aromas agradables.

II.J.-TECNICA DE ELABORACIÓN DE LA MERMELADA

La elaboración de mermelada, está basada científicamente en la formación de un gel, cuyos principios deben ser satisfechos para la mezcla de azúcar, pectina y ácido, con objeto de lograr la formación de una red de fibras en todo el cuerpo de la mermelada y que esta estructura sea capaz de sostener a los líquidos. El proceso requiere de controlar principalmente el contenido de sólidos solubles, la acidez y el pH de la mermelada, así como el equilibrio de sacarosa-azúcar invertido (40).

La formación del gel, con la debida consistencia, depende de la continuidad de la estructura, que se obtiene por la concentración de la pectina, por una parte y

por la otra, de la rigidez de la estructura, que depende de la concentración del azúcar en relación con la acidez (42).

La concentración más alta de pectina hace más compactas las fibras y los “nudos” de la estructura. En una concentración más alta de azúcar hay menos agua a sostener por la estructura, pero hay un límite porque de lo contrario la mermelada se cristaliza; también hay un límite inferior que no debe rebasarse por que la mermelada queda “floja”. El ácido endurece las fibras de la red, pero si la acidez es más alta de lo debido, afecta a la elasticidad, resulta una mermelada dura, o bien destruye la estructura por hidrólisis de la pectina. Una acidez baja provoca fibras débiles, que no son capaces de soportar el jarabe de azúcar y da lugar a una mermelada poco firme.

La formación de gel, respecto al pH tiene lugar dentro de un intervalo de 2.8-3.5, la concentración de azúcar de 64-67.5% y la cantidad de pectina dependerá de la calidad de la misma, aunque se considera que con un 1% de esta debe ser suficiente para producir un gel consistente.

Otro componente necesario en la elaboración de mermeladas es el azúcar invertido, éste retarda o impide la cristalización de la sacarosa en la mermelada, resulta por lo tanto muy importante para la buena conservación del producto, el mantener un equilibrio entre la sacarosa y el azúcar invertido, ya que un exceso de azúcar invertido provoca la granulación de la dextrosa (23).

La adición de glucosa, imparte a la mermelada un aspecto más brillante, retarda la cristalización de la sacarosa e impide la exudación del jarabe; fenómeno conocido como “llanto de jaleas” (40).

A) Condiciones de cocción.

Un tiempo de cocción corto es de gran importancia debido a que se conserva mejor el color y sabor natural de la fruta.

La temperatura de cocción esta influida por la densidad de la mezcla y la presión dentro de la paila, con esta base se fija el tiempo necesario para alcanzar la concentración de la mermelada, la cual debe retirarse inmediatamente de la paila al terminar la cocción para no incrementar la inversión del azúcar (1,39).

B) Tratamiento final.

Cuando la cocción se hace en paila abierta el producto terminado tiene una temperatura mayor a los 100°C y para evitar la inversión excesiva o caramelización, se somete a un enfriamiento, con agua fría circulante. La temperatura de envasado debe ser de 85 a 90°C, para permitir que se genere una presión de vapor aproximada de una atmósfera en el espacio libre del envase, para que se dé esto, el espacio libre deberá ser aproximadamente del 6% del volumen total, de forma que al cerrar rápidamente y enfriar se produzca el vacío requerido.

Al terminar se revisan el sellado y la limpieza exterior del envase, posteriormente es necesario un enfriamiento a una temperatura de 20 a 25°C para que la mermelada gelifique. Se etiquetan los frascos y el producto se conduce a la inspección final y al embalaje; este suele hacerse en cajas de cartón con separaciones para cada unidad y así evitar rupturas durante el manejo. Las cajas se cierran y permanecen en el almacén a temperatura ambiente hasta el momento de ser distribuidas.

DEFECTOS EN LA ELABORACIÓN DE MERMELADAS

a) Mermelada poco firme.

Se debe a una cocción prolongada, una excesiva o insuficiente acidez, bajo contenido de sólidos solubles y/o pectina, incompleta disolución de la pectina, fórmula mal equilibrada (pectina-azúcar), sales minerales en exceso, enfriamiento acentuado antes del envasado, el cual origina la “ruptura del gel”.

b) Sinéresis (“Llorar o sangrar”).

Puede resultar por acidez elevada, deficiencia de pectina, exceso de agua o exceso de azúcar invertido.

c) Cambio de color.

La cocción prolongada provoca la caramelización del azúcar o degradación de la clorofila, originando un color oscuro o pardo respectivamente; también pueden causar cambios de color: el enfriamiento insuficiente después del envasado, sales reguladoras en exceso y la contaminación con metales; al respecto la presencia de fosfatos u oxalatos de magnesio y potasio producen enturbiamiento; el estaño, el hierro y las sales de ambos originan oscurecimiento o aspecto lechoso en el producto.

d) Cristalización.

Una cocción prolongada y acidez demasiado alta o una permanencia de la mermelada en las pailas después de haberse hervido; provocan una excesiva inversión de azúcar, dando lugar a la granulación de la dextrosa. Una baja acidez provoca la cristalización de la sacarosa.

e) Endurecimiento o encogimiento de la fruta.

Es provocado por una insuficiente precocción, lo cual ocasiona que la fruta o piel pierdan la capacidad de absorber el azúcar. También hay endurecimiento si la precocción se realiza con agua de dureza elevada.

f) Desarrollo de hongos y crecimiento de levaduras.

Las principales causas son: un mal almacenamiento, una mala esterilización de los frascos, contaminación anterior al cierre de los frascos, bajo contenido de sólidos solubles y una mermelada poco firme (40).

II.K.- TÉCNICA DE ELABORACIÓN DEL CRISTALIZADO.

La elaboración de un cristalizado esta basado en el proceso de deshidratación osmótica, el cual consiste en poner piezas de frutas dentro de una solución con una presión osmótica alta. Ocasionando una transferencia de agua del producto a la solución y el soluto se transfiere de la solución hacia la fruta. La sacarosa y la glucosa son los solutos que más comúnmente se utilizan para preparar soluciones deshidratantes para frutas.

Los efectos de la concentración de la solución deshidratante así como de la temperatura a la que se lleva a cabo el proceso han sido estudiadas por varios autores, quienes han observado que al aumentar la concentración de la solución deshidratante y la temperatura, el fruto pierde más agua y gana más azúcar (35).

Otros autores han observado un incremento en la perdida de agua del fruto sin que se modifique la cantidad de azúcar que entra a la fruta cuando se incrementa la temperatura o la concentración de la solución deshidratante. Este efecto generalmente se atribuye a la naturaleza de las membranas del tejido de la fruta

así como a las propiedades difusivas del agua y los solutos en función de su respectiva masa molecular, esto puede deberse a una influencia recíproca entre las transferencias de agua y del soluto, donde la entrada de azúcar por difusión y el azúcar libre dentro del agua que fluye fuera se combinan. Si éste fenómeno se aumenta, la penetración de azúcar es marginal y limitada por la periferia de la fruta deshidratada (24, 46).

La entrada de azúcar a la fruta no es tan rápida como la salida de agua, sin embargo si el tiempo del proceso en el jarabe es muy largo hay una considerable difusión de azúcar al interior de la fruta. El proceso global de osmodeshidratación al inicio lleva a cabo una remoción de agua muy rápida y después se hace más lenta; mientras que la penetración del soluto es muy lenta al principio pero se incrementa con el tiempo (34).

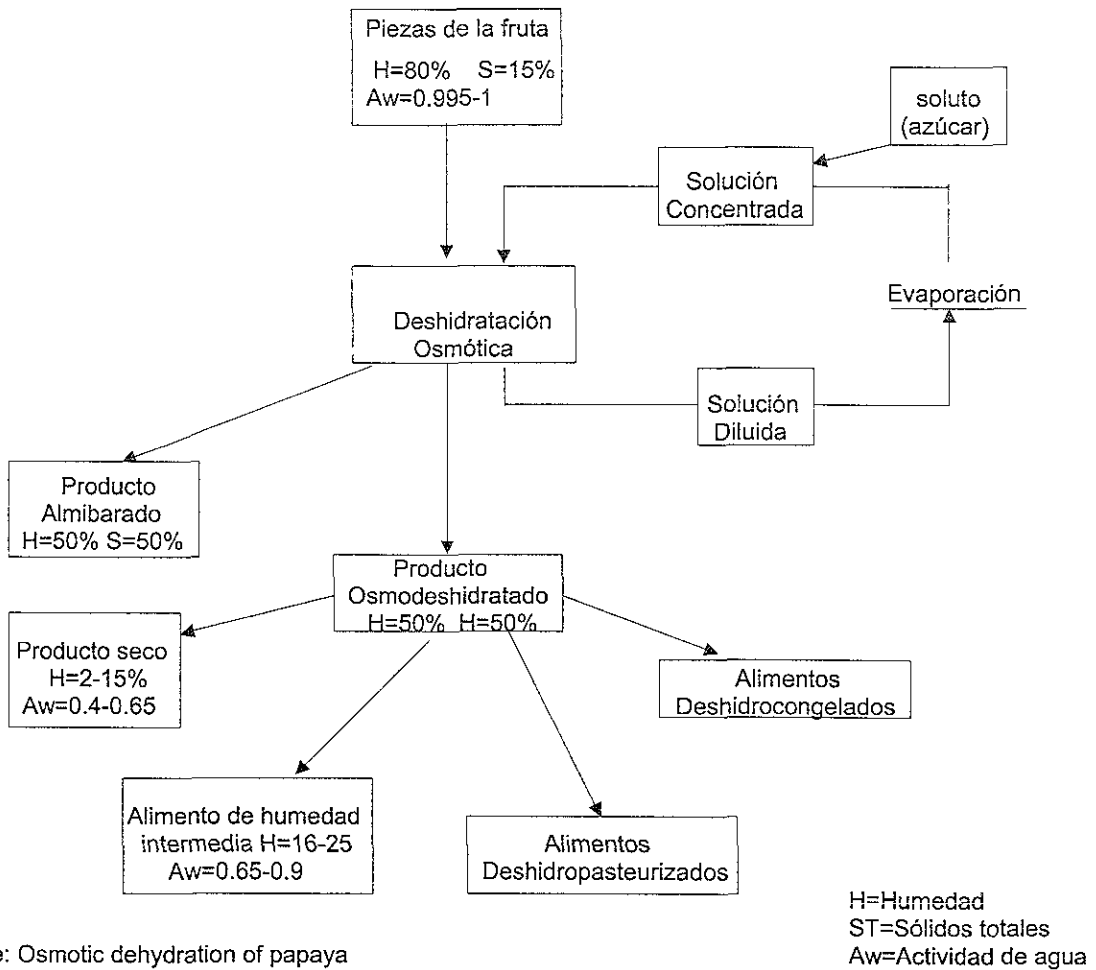
Los diferentes azúcares, el ácido y especialmente la sal ocasionan la pérdida del agua del interior de la célula por lo que son comúnmente utilizados para hacer soluciones osmodeshidratantes (41).

Una propiedad muy importante de los azúcares es su capacidad de almacenar humedad y este fenómeno se presenta principalmente en carbohidratos de bajo peso molecular como la glucosa que tienden a absorber la humedad de la atmósfera, lo que se refleja en que los productos que los contienen se vuelven gomosos y pegajosos. La facilidad de humedad de los carbohidratos, está directamente relacionada con su carácter hidrófilo, debido a que forman puentes de hidrogeno con las moléculas de agua. Es más probable que los dulces con alta proporción de fructosa o glucosa capten la humedad que una con sacarosa exclusivamente (13,21).

La deshidratación osmótica ayuda a tener una actividad acuosa (A_w) baja para proporcionar la estabilidad del producto; sin embargo, no la garantiza por lo que los productos así tratados requieren un proceso complementario tal como la adición de conservadores, o llevar a cabo una pasteurización, un secado o congelamiento (50). Para mayores detalles observar la figura No. 3

Una vez que la etapa del secado ha concluido, es necesario realizar la ambientación al producto, para proteger sus características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales antes de colocarlo en su empaque, debido a que no puede ser empacado a la temperatura de salida del secador porque se “sudaría” dentro de éste provocando que el cristal de la superficie del producto se solubilizara parcialmente y al volver a secarse diera una mala apariencia al producto.

Figura No. 3
Aplicaciones Industriales de la deshidratación osmótica



Fuente: Osmotic dehydration of papaya

Es por eso que se decide dar una ambientación al producto al concluir el secado colocando el producto en charolas previamente limpias con alcohol y en donde se ha colocado mecheros encendidos alrededor para lograr condiciones de esterilidad. Lo anterior con el fin de eliminar peligros de contaminación y permitir que la temperatura del producto disminuya hasta 40°C aproximadamente, finalmente se empaca.

DEFECTOS EN LA ELABORACIÓN DEL CRISTALIZADO.

a.- Cristalizado poco firme.

Se debe a un insuficiente lechado en cal o a un mal secado del producto terminado.

b.- Cambio de color.

Es provocado por una acidez elevada y una cocción prolongada, al degradarse la clorofila.

c.- Endurecimiento o encogimiento de la fruta.

Es provocado por un mal escaldado, lo cual ocasiona que la fruta o piel pierdan la capacidad de absorber el azúcar.

d.- Textura pegajosa y gomosa.

Se debe a una alta concentración de azúcar invertido en el jarabe, ya que esta es altamente higroscópica y a un mal almacenamiento (humedad atmosférica elevada).

e.- Desarrollo de hongos y crecimiento de levaduras.

Las principales causas son: un insuficiente secado, una mala ambientación, mal almacenamiento y / o a una contaminación anterior al empaquetado.

II.L.- MODIFICACIONES DEL COLOR Y TEXTURA EN LOS VEGETALES

VERDES

Las verduras pueden sufrir marcados cambios en el color debido a las diversas modificaciones que puede tener la clorofila que contienen y que se localiza en los cloroplastos de las plantas.

La clorofila es un pigmento formado por un anillo porfirínico con un átomo de magnesio y el alcohol fitol que se esterifica a una molécula de ácido propiónico; los anillos pirrólicos están unidos por medio de metenos, $-CH=$, creando una estructura planar. El magnesio central está ligado por dos de los nitrógenos de los anillos pirrólicos de manera covalente, mientras que los otros dos nitrógenos lo unen por un sistema de coordinación. La cadena de fitol tiene una distribución de sus átomos de carbono muy similar a la de los carotenoides (6).

Los tipos de clorofila más importantes son la a y la b; la primera se encuentra en mayor proporción que la segunda (21).

La clorofila-beta tiene un grupo formil en lugar del grupo metilo en la clorofila-alfa y las reacciones químicas que pueden inducir una transformación estructural de la clorofila son:

- a).- La sustitución del grupo magnesio por otro ion, principalmente hidrógeno; esto se da fácilmente cuando se calienta en presencia de ácidos orgánicos y se obtiene un compuesto verde grisáceo pálido conocido como feofitina-a o se obtiene una feofitina-b de color verde oliva. La feofitina formada por estas reacciones puede transformarse en el correspondiente feoforbio al perder la cadena de fitol, lo que sucede a temperaturas elevadas durante el enlatado de los vegetales.
- b).- La eliminación de la cadena de fitol; ésta reacción es catalizada por la enzima

clorofilaza, encontrada en algunos vegetales. La hidrólisis del enlace éster produce un compuesto conocido soluble en agua como clorofilido, tiene las mismas propiedades espectroscópicas que la clorofila (13).

Las verduras que son menos ácidas retienen un mayor porcentaje de clorofila y de su color verde cuando son sometidas a un tratamiento térmico que las más ácidas; de la misma manera, a medida que el pH del agua es mayor, la retención de clorofila se incrementa, ya que la clorofila es estable a pH alcalino.

Debido a que los ácidos están presentes en el tejido vegetal junto con la clorofila se puede lograr la pérdida de los ácidos de dos maneras: primero cocinando sin tapa para dejar que se volatilicen los ácidos orgánicos, y agregando bicarbonato de sodio para aumentar el pH del agua de cocimiento y las moléculas que ya no alcanzan a reaccionar con los ácidos orgánicos reaccionan con la clorofila formándose clorofilina de un color verde brillante y soluble en agua.

Una desventaja de utilizar bicarbonato de sodio durante el cocimiento es que se provoca un deterioro en la textura debido al desdoblamiento de las hemicelulosas.

Cuando una verdura se cuece se recomienda usar una temperatura alta y un tiempo corto para conservar el color verde de los vegetales y frutos.

Se ha estudiado el efecto causado por cationes como Ca^{2+} y Cu^{2+} al utilizar sus respectivos cloruros encontrando que al emplear 100 ppm o más en la solución deshidratadora, la relación de la clorofila/feofitina de las piezas deshidratadoras son semejantes a las obtenidas para fruta fresca y el contenido de clorofila proveniente del Kiwi fresco es semejante al del osmodeshidratado en soluciones con iones calcio (51).

Tanto el ácido pectínico como el péctico, poseen gran número de grupos carboxilo libres y son bastante solubles, principalmente en presencia de iones calcio. Debido a ello permanecen en la pared celular durante los procesos de acondicionamiento y producen textura dura. Se han observado efectos endurecedores por activación de la pectinmetiesterasa en judías tiernas, patatas, coliflor y cerezas agrias. La adición de iones Ca^{2+} junto con la activación de la enzima, conduce a la suma de los efectos endurecedores (21).

Becerra (7) en un estudio realizado en nopal propuso la utilización de un agente que impidiera la hidrólisis del mucílago y además precipite en la solución, favoreciendo su separación para tal fin probó con cloruro de calcio ya que conocía sus propiedades de formar pectatos y endurecer los tejidos del nopal además de favorecer la conservación de su color verde.

II.LL.-PRUEBAS DE EVALUACIÓN SENSORIAL.

La evaluación sensorial es el análisis de un alimento por medio de los sentidos humanos. Es una técnica de medición y evaluación tan importante como los métodos químicos, físicos y microbiológicos (3).

La evaluación sensorial es multifacética, recurre al estudio y fundamentos de disciplinas bien establecidas, tales como la psicología, fisiología y la estadística.

Existen fundamentalmente dos métodos de evaluación sensorial: el analítico y el afectivo (31).

Las pruebas de tipo analítico deben ser ejecutadas por jueces entrenados y realizarse en laboratorios donde no existan interferencias y mantener bien dispuesta y a toda su capacidad la sensibilidad del juez.

Este grupo comprende las pruebas sensitivas, cuantitativas y cualitativas.

Las pruebas afectivas en el ámbito consumidor (Tabla No.4) son aquellas en las cuales el juez consumidor expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta (escala hedónica), si lo acepta o lo rechaza (aceptación), o si lo prefiere a otro (preferencia). Estas pruebas son las que presentan mayor variabilidad en los resultados y son más difíciles de interpretar, ya que se trata de operaciones completamente personales, por lo cual se requiere de un gran número de participaciones, para que dicha variación se haga constante y aparezcan las diferencias más importantes del producto sujeto a estudio.

Tabla No. 4

METODOS AFECTIVOS (En el nivel consumidor)		
A. Aceptación. Aceptación o rechazo cuando no hay opciones	B. Preferencia Selección entre dos o más opciones	C. Hedónico Nivel de agrado

En las evaluaciones en el ámbito consumidor deben presentarse las muestras preparadas con la misma formulación, en que habitualmente se consume.

La hora para llevar acabo las evaluaciones deben ser en las que para el juez haya pasado por lo menos una hora después de haber ingerido alimento o llevarla a cabo antes de que aparezca la sensación de hambre (3).

II.M.- ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Para realizar un análisis microbiológico a un alimento es necesario considerar la composición y tratamiento del mismo, información útil que permitirá conocer el tipo o tipos de microorganismos, que se deben buscar y aplicar las técnicas de laboratorio más adecuadas.

Alimentos como las mermeladas y cristalizados que reciben un tratamiento térmico, poseen una alta concentración de carbohidratos, un contenido de humedad relativamente bajo y una elevada acidez, cualidades que le caracterizan como conservas; sin embargo, existen microorganismos que representan un riesgo en la contaminación y descomposición de este tipo de alimentos (29).

Los microorganismos que representan la particularidad de crecer en condiciones altas de presión osmótica y de concentración de azúcar, son los llamados osmófilos, por lo que su medio común de crecimiento puede ser en alimentos como conservas dulces, mermeladas, jaleas, ates, cristalizados y jarabes (22).

Dentro de este grupo de microorganismos osmófilos, se encuentran los hongos y levaduras estos primeros son los que proliferan con más frecuencia, ya que se pueden desarrollar en la superficie de estos alimentos, por dos razones: son aerobios y en dicha parte la concentración de azúcar es menor (25).

Los hongos y las levaduras representan un riesgo de contaminación, por lo que una cuenta total representa una prueba presuntiva y en medios específicos se desarrolla la prueba confirmativa.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

III.A.-MUESTRAS

Se utilizó tuna blanca proveniente de San Martín de las Pirámides (Teotihuacan) cosechada en verano. Se utilizó como índice de maduración el color verde homogéneo de la cáscara.

III.B.-MATERIALES

Los reactivos utilizados para el desarrollo del presente trabajo son: sacarosa, glucosa, pectina de alto metoxilo, ácido cítrico, benzoato de sodio, ácido ascórbico, cloruro de calcio, hidróxido de calcio, sorbato de potasio, ácido clorhídrico y alcohol etílico (grado analítico) de el laboratorio Baker S.A. de C.V.

III.C.- METODOLOGÍA

El análisis proximal (determinación de humedad, proteína, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas y por diferencia carbohidratos) de la cáscara de tuna blanca se realizó siguiendo las técnicas del A.O.A.C. (4).

- pH.- Se determino con un potenciómetro Model IP a una temperatura de 20°C.
- Acidez.- Por titulación usando NaOH 0.1 N; los resultados se expresaron en ácido cítrico (A.O.A.C.) (4).
- Sólidos solubles.- Se determinaron en un refractómetro de mano a 20 °C.
- Azúcares totales y reductores.- Se determinaron según el método de Munson y Walker (4)

DESARROLLO DE LOS PRODUCTOS

1. MERMELADA DE CÁSCARA DE TUNA BLANCA.

Para el desarrollo de la formulación de la mermelada a partir de la cáscara de tuna blanca, se tomo como base la formulación óptima encontrada por Agredano M.C (1) y en las disposiciones y especificaciones sanitarias de el Diario Oficial (15). La tabla No. 5, muestra la formulación de la mermelada de pulpa de tuna, desarrollada por Agredano M.C. (1).

Tabla No. 5
Formulación de mermelada de pulpa de tuna, desarrollada por Agredano M.C. (1).

INGREDIENTES	%
Pulpa	63.8
Azúcar	36.01
Pectina	1.2
Ác. cítrico	0.06
Benzoato de sodio	0.1
Ác.ascórbico	0.0007
pH	3.3
°Brix	65.0

Tomando en cuenta que se usa cáscara y no la pulpa de la tuna se tuvieron que realizar variaciones a la formulación original, tomando como base una proporción semejante de fruta-azúcar y variando la cantidad de ácido cítrico, pectina y adicionando cloruro de calcio, también se variaron las condiciones de cocción (tiempo y temperatura).

PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA MERMELADA DE CÁSCARA DE TUNA BLANCA

Una vez encontrada la formulación ideal se plantea el diagrama del proceso seguido, en la fig. 4, durante dicho proceso se controlaron las condiciones de temperatura, agitación, pH y °Brix, para conocer la evolución de la mezcla. Es

importante que se lleve a cabo una precocción de la cáscara en donde se agrega la mitad de azúcar y cloruro de calcio; aquí se toma una muestra y se mide el pH inicial, posteriormente se agregan los demás los ingredientes y se evapora la mezcla hasta alcanzar los sólidos solubles deseados.

PROCEDIMIENTO GENERAL

1.- Selección de materia prima.

Se utilizan tunas con madurez optima

2.- Acondicionamiento.

a.- Lavado.

Las tunas se lavan y pelan mecánicamente eliminando las espinas.

b.- Separación de la cáscara del fruto.

c.- Molido.

La cáscara y el fruto de tuna se muelen ligeramente en la licuadora por separado.

d.- Centrifugado.

La cáscara y la pulpa de tuna se centrifugan por separado para eliminar la cascarilla y las semillas respectivamente.

3.- Cocción de la cáscara.

Se prosigue a la cocción de la cáscara de tuna aproximadamente por 10 min.

A una temperatura de 65 a 75°C.

Para la elaboración de mermelada de cáscara con pulpa de tuna, la pulpa se agrega 6 min. después de que se agregó la cáscara

4.- Adición de azúcar.

Se añade la mitad del total de azúcar, junto con el ácido ascórbico y el benzoato de sodio.

5.- Concentración.

Se concentra la mezcla hasta reducir a un quinto del total del contenido sin dejar de agitar.

6.- Adición de pectina

Se mezcla la pectina sólida y el resto del total de azúcar, para luego adicionar lentamente con agitación para que se pueda disolver y distribuir lo mejor posible.

7.- Cocción de mezcla.

Se calienta hasta que la temperatura suba 5 grados por encima del punto de ebullición, alcanzando este punto se retira el recipiente de la parrilla. Se toma una gota de la mezcla con un agitador de vidrio y se coloca sobre la cubierta de un refractómetro de mano; el % de sólidos solubles debe ser aproximadamente de 65%, en su defecto, se sigue calentando y se repite la prueba descrita.

8.- Adición de glucosa.

Se agrega la glucosa y el ácido cítrico sin dejar de agitar. Se le determina una vez más los °Brix y el pH de la mezcla.

9.- Envasado.

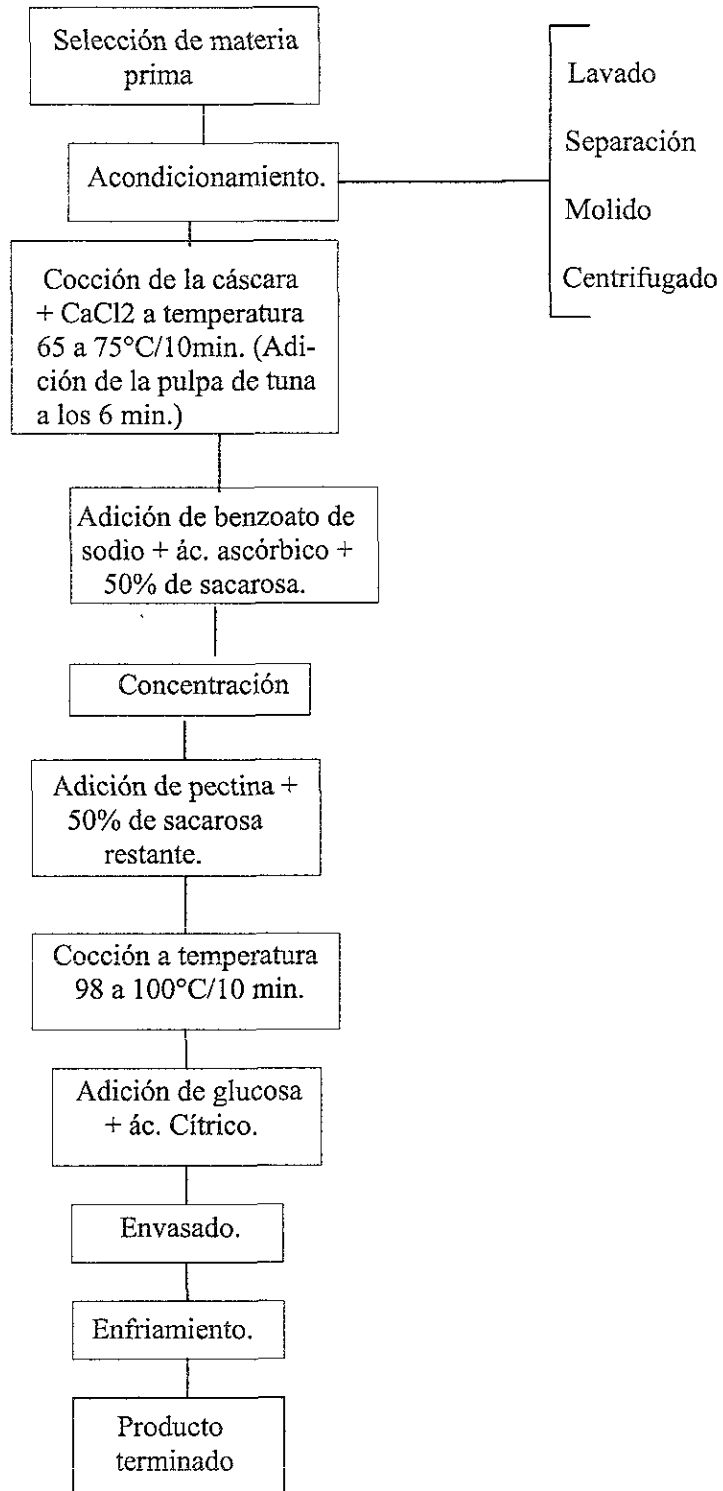
Alcanzando el punto final de la mermelada se retira de la parrilla, se enfría a 85°C y se prosigue a envasar en frascos de vidrio previamente esterilizados.

10.-Enfriamiento.

Una vez envasado el producto, se enfría con agua corriente a 35°C aproximadamente.

Figura No. 4

Proceso para la elaboración de una mermelada de cáscara de tuna blanca.



2. CRISTALIZADO DE CÁSCARA DE TUNA BLANCA

La cristalización se llevó a cabo reproduciendo el método de Rodríguez (41), llamado método tradicional o lento (Figura No. 6).

Durante el proceso se vio la necesidad de acondicionar la cáscara, para encontrar un reforzado ideal de la cáscara, por lo que se probó 3 concentraciones de hidróxido de calcio y dos tiempos de exposición. Ver tabla No.25

PROCEDIMIENTO GENERAL

1. - Selección de materia prima.

Se utilizan cáscaras de tuna con madurez óptima.

2.- Acondicionamiento.

a.- Corte y lavado.

Las cáscaras se lavan con agua corriente y se cortan en cuadros de tamaño uniforme 1.5X1.5 cm aproximadamente

b.- Escaldado.

Como la cáscara de tuna no sufre una actividad enzimática severa, la finalidad principal del escaldado en este proceso no es evitar el oscurecimiento enzimático sino reblandecer los tejidos para permitir una mejor penetración de azúcar en estos.

Se someten los cuadros de cáscara de tuna a un escaldado durante 3 min. A 92°C en una solución de CaCl_2 0.05M. Se enfrían en agua.

c.- Reforzado.

Se sumergen las cáscaras de tuna en un lechado en cal. Se probaron 3 concentraciones con hidróxido de calcio la 5,10 y 15% y dos tiempos 12 y 24 h.

cada una. Se requieren 500 ml de solución por 1 Kg. de cáscara de tuna, dejando reposar 12 h a temperatura ambiente. A las muestras obtenidas se les determino pH según el método establecido por la A.O.A.C. (4). Se seleccionó la concentración del 10% para continuar trabajando y un tiempo de 12 h. La figura No. 6 muestra las concentraciones seleccionadas para el acondicionamiento.

3.- Deshidratación osmótica.

Los cuadros de cáscara acondicionada se someten a un tratamiento con jarabe que consta de 4 etapas en las cuales se debe incrementar su concentración de 50°Brix/20°C y llegando a la concentración final de 65 °Brix/20°C. El volumen del total de jarabe debe ser 500 ml por Kg. de cáscara acondicionada. En la tabla No. 6 se presentan las etapas del tratamiento con jarabe.

Tabla No. 6
Etapas de tratamiento con jarabe.

ETAPA	CONC. EN °BRIX A 20°C	CALENTAMIENTO EN °C/MIN.	REPOSO EN H.
1	50	60/1	24
2	55	60/1	24
3	60	60/1	24
4	65	60/1	24

La secuencia de cada etapa es la siguiente.

Los trocitos de cáscara colocados en el jarabe, se someten a un calentamiento durante un min. a 60°C. Se dejan enfriar a temperatura ambiente y reposar durante 24h. en el recipiente tapado.

Al concluir el período de reposo se separan los trozos de cáscara del jarabe, se dejan escurrir mientras al jarabe se le adiciona la sacarosa necesaria para incrementar la concentración a 55 °Brix / 20°C y se repite la secuencia para cada una de las etapas.

a.- Composición de la solución deshidratante.

El jarabe se elabora con sacarosa, ácido cítrico al 0.25% y sorbato de potasio al 0.1% (43).

4.- Secado.

Al concluir el tiempo de reposo en los jarabes, las cáscaras se escurren y se colocan en una charola, para secarlas en un a estufa a una temperatura de 80°C durante 6 h.

5.- Ambientación.

Se enfría el producto a 40°C aproximadamente en condiciones de esterilidad.

6.- Envasado.

Se procede a empacar 25g de producto en bolsas de polietileno ó celofán y se pasan por la selladora.

Figura No. 5

Diagrama de las operaciones de acondicionamiento para el proceso de cristalización.

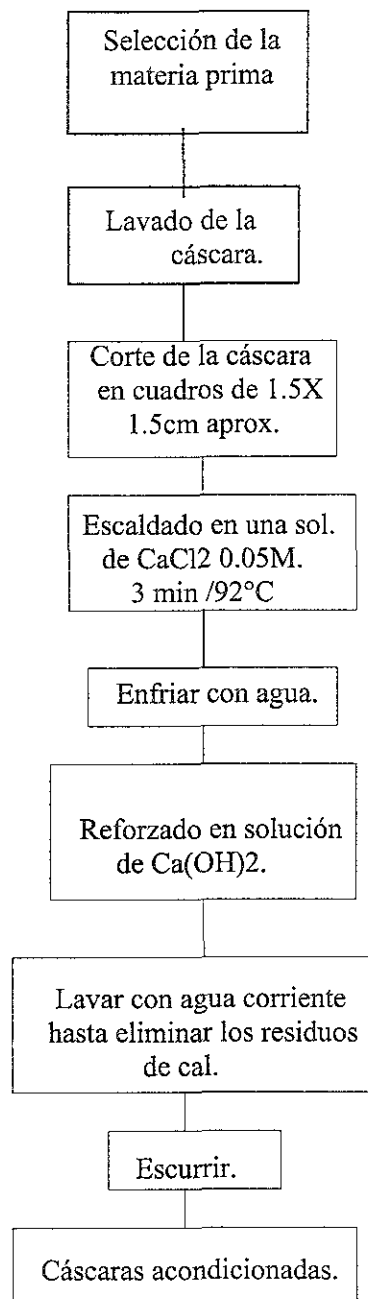
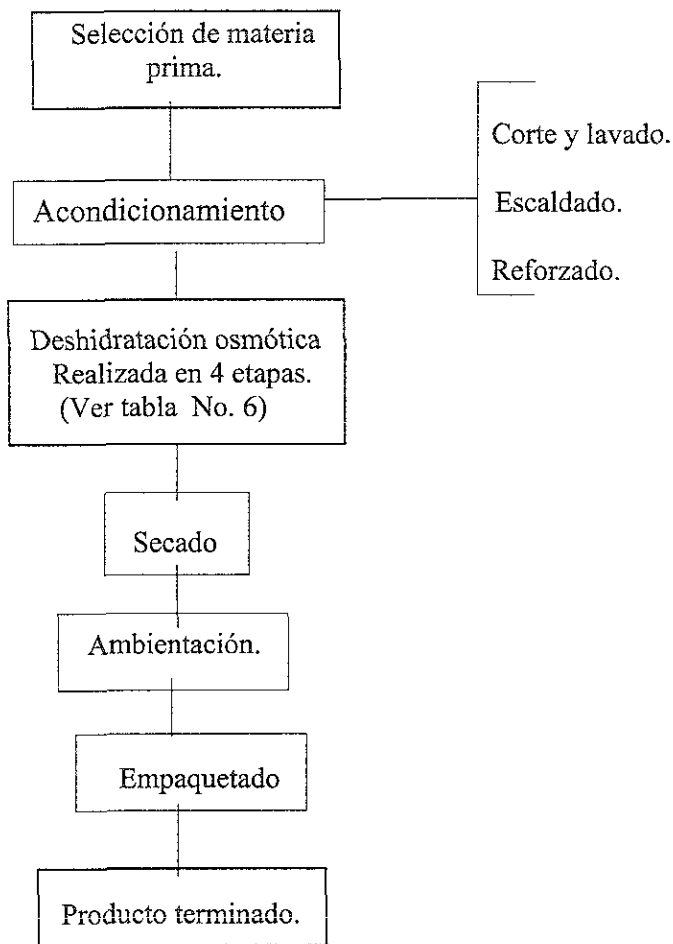


Figura No.6

Diagrama general del proceso de la elaboración del cristalizado.



PRUEBAS REALIZADAS A LOS PRODUCTOS TERMINADOS

EVALUACIÓN SENSORIAL

Se realizó una evaluación sensorial para determinar el grado de la calidad y aceptabilidad de los productos desarrollados.

El equipo de degustación estuvo compuesto de 18 jueces para evaluar los parámetros de calidad en las mermeladas (apariencia general, color, aroma, sabor, dulzura, acidez y consistencia de gel) y en el cristalizado (apariencia general, color, sabor, amargor y textura), con escala hedónica de 5 puntos y 50 jueces para evaluar la aceptabilidad. Utilizando los cuestionarios del anexo 1, 2 y 3

ANÁLISIS QUIMICO.

Se realizó el análisis químico especificado en la Norma Oficial Mexicana: "Productos Alimenticios para uso humano frutas y derivados - Mermelada de Chabacano" (19) De acuerdo a los métodos oficiales del A.O.A.C. (4). Midiendo; humedad, proteína, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas, carbohidratos, sólidos solubles, sacarosa, azúcar invertido, pH y ácida.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

La determinación se hizo conforme a la Norma Oficial Mexicana: "Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos". (18). La prueba se realizó para muestras recién elaboradas y con muestras almacenadas por 6 meses a condiciones de humedad y temperatura ambiente de la Ciudad de México.

EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA PECTINA

1. EXTRACCIÓN.

Se ha extraído pectina de la cáscara de la tuna blanca (*Opuntia ficus indica*) por el método de hidrólisis ácida a escala de laboratorio. Para conocer la cantidad y calidad de la misma. El proceso de extracción y recuperación de la pectina se muestra en la figura No. 7

La extracción se optimizó utilizando un diseño experimental factorial fraccionado con ocho tratamientos de tres variables en dos niveles cada una: pH (1.5 y 3.0), temperatura (85 y 92°C) y tiempo de extracción (50 y 70 min.), con un total de ocho tratamientos, (Tabla No.7) en los que se mantuvo constante la relación volumen de extracción / materia prima (85/15) y la relación del volumen de muestra / agente precipitante (1:2). Para conocer el rendimiento y la calidad de pectina en cada tratamiento.

Figura No.7
Proceso de extracción y recuperación de pectina.

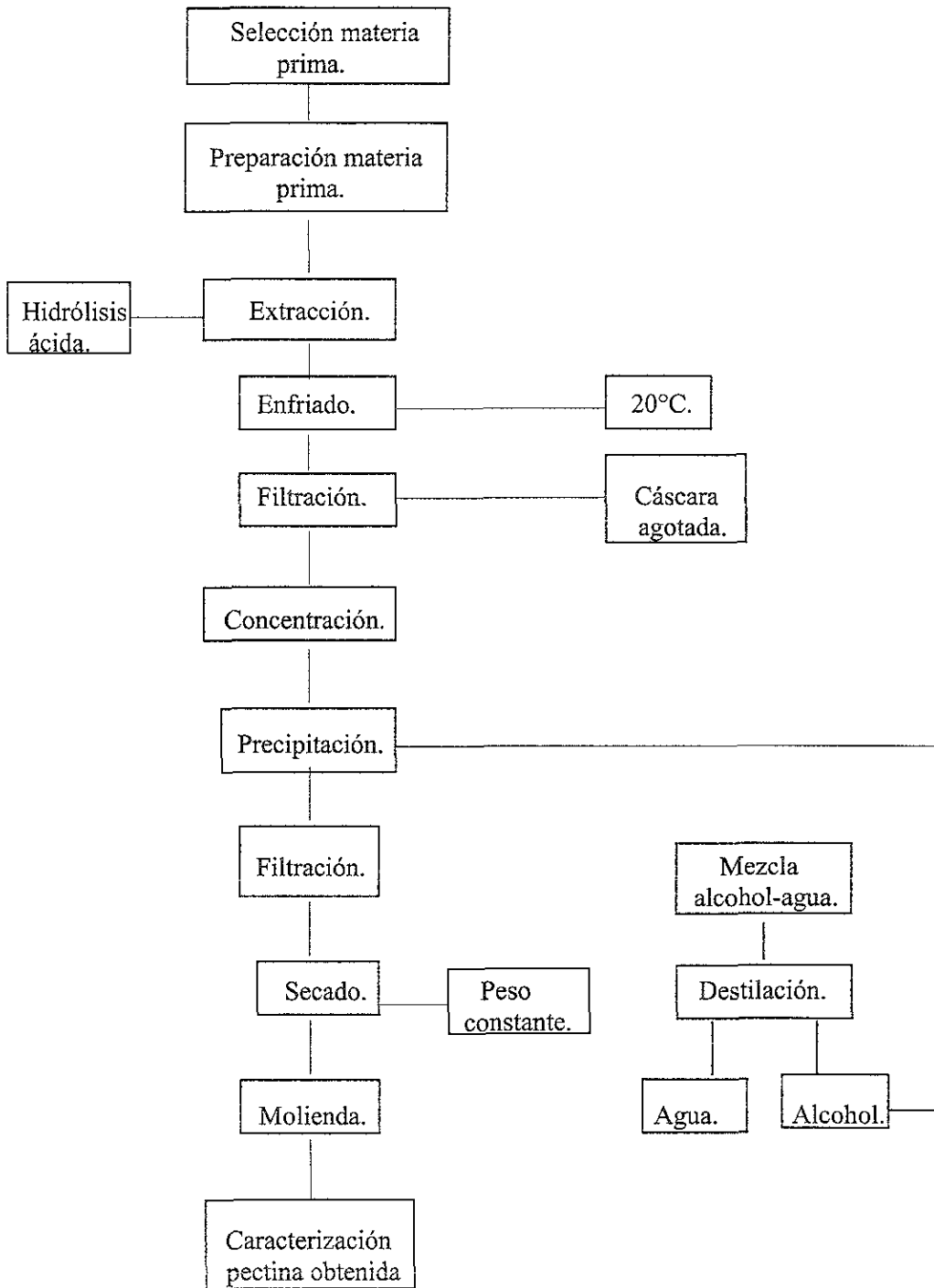


Tabla No. 7
Diseño Experimental.

TRATAMIENTO	COMBINACIÓN	CONDICIONES
1	A B C	92°C, 1.5, 70
2	A B c	92°C, 1.5, 50
3	A b C	92°C, 3.0, 70
4	A b c	92°C, 3.0, 50
5	a b c	85°C, 3.0, 50
6	abC	85°C, 3.0, 70
7	aBc	85°C, 1.5, 50
8	aBC	85°C, 1.5, 70

A y a = Temperatura, B y b = pH, C y c = Tiempo de extracción (min).

PROCEDIMIENTO GENERAL

Los tratamientos se llevaron a cabo por duplicado, teniendo en todos los casos un volumen final de la mezcla de solución acidulada/materia prima de 1l.

1. La cáscara de tuna se trituro en una licuadora hasta obtener un tamaño medio de partícula de 4mm. Aproximadamente.
2. Antes de adicionar el bagazo al agua acidulada, está se calienta hasta alcanzar la temperatura deseada y se deja calentar la mezcla durante el tiempo establecido.
3. Se enfría la mezcla hidrolizada a una temperatura de 30°C.
4. Se realiza un prensado manual del bagazo en manta de cielo (previo tratamiento) y la solución se filtra a vacío en un buchner a través de un papel filtro de poro abierto.
5. La solución de la mezcla obtenida se concentra a un cuarto del volumen inicial en un rotavapor
6. Posteriormente se precipita con alcohol etílico al 94%, se agita y se deja reposar durante 15 hrs.

7. Se filtra a vacío en un buchner sobre un papel filtro de poro abierto.
8. De la mezcla etanol-agua acidulada, se recupera el alcohol etílico por destilación.
9. El precipitado se lava varias veces con mezclas de etanol-agua para eliminar impurezas.
10. Posteriormente se seca a una temperatura de 50°C en una estufa hasta obtener un peso constante y se calcula el rendimiento.
11. El producto se muele en un mortero con el fin de reducir el tamaño de partícula.

CARACTERIZACIÓN.

Una vez obtenida la pectina se evaluó físicoquímicamente mediante los siguiente parámetros: porcentaje de esterificación y ácido galacturónico, para conocer la calidad de la misma. Como referencia se utilizó pectina comercial de bajo metoxilo.

Para calcular el porcentaje de esterificación se utilizó la metodología dada por Garrat (26). Esta determinación se realizo por duplicado, debido a que se contaba con poca pectina.

Se evaluó la pureza de las pectinas obtenidas midiendo él % de ácido galacturónico (26).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

PARTES CONSTITUYENTES DEL FRUTO

El análisis de las partes constituyentes de la tuna blanca muestra que esta integrada por 46.41% de cáscara, 48.07% de pulpa y 5.52% de semillas; en tunas cultivadas en San Martín de las Pirámides (Teotihuacan).

CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO

La caracterización de la cáscara y pulpa de la tuna en cuanto a pH, acidez y sólidos solubles se observan en la tabla No 8. En ella se pone de manifiesto que ambas tienen un pH alto, una acidez muy baja y un contenido relativamente alto de sólidos solubles, parámetros que influyen directamente en la calidad microbiológica de los productos que se elaboran a partir de estas. Por este motivo, dichos factores deben ser considerados críticos en los diversos procesos tecnológicos de transformación y conservación a que se sometan.

Tabla No. 8
Características de la tuna blanca (*Opuntia ficus indica*).

CARACTERISTICAS	CÁSCARA (%)	PULPA (%)
pH	5.6	6.1
Acidez(%ác. cítrico)	0.079	0.059
Sólidos solubles (°Brix a 20°C)	10.5	12.5

El análisis se realizó por triplicado

ANÁLISIS PROXIMAL DE LA TUNA BLANCA

En la tabla No. 9 se observa la composición química de la cáscara y pulpa de la tuna blanca.

Tabla No. 9
Composición química de la tuna (*Opuntia ficus indica*).

PARÁMETROS	CÁSCARA (%)	PULPA (%)
Humedad	86.40	87.10
Proteína*	0.25	0.29
Extracto etéreo	0.14	0.17
Fibra cruda	2.20	0.21
Cenizas	1.15	0.13
Carbohidratos**	9.86	12.10

*NX6.25 **Por diferencia.

El análisis se realizó por triplicado

De los resultados obtenidos se observa un alto contenido de humedad, lo que es propio de las frutas, los demás componentes se encuentran en pequeñas cantidades; sin embargo, entre estos destaca la cantidad de carbohidratos que por su abundancia permite que la tuna sea importante en la industrialización.

Las mermeladas realizadas con cada una de las variantes se evaluaron sensorialmente, obteniéndose un buen nivel de agrado; sin embargo, no presentan un sabor definido, siendo necesario el desarrollo de una nueva formulación la cual contenga pulpa de tuna y le imparta el sabor característico. Ambas formulaciones se presentan en la tabla No.10

Tabla No.10

Formulaciones de las mermeladas a base de cáscara y cáscara con pulpa de tuna, presentadas por las claves A y B respectivamente.

INGREDIENTES	FORMULACIÓN %	
	A	B
Cáscara	59.5	41.65
Pulpa	0.0	17.85
Semilla	0.5	0.5
Sacarosa	38.88	38.52
Glucosa	3.45	3.45
Pectina	0.58	0.62
Ác. Cítrico	0.41	0.48
Benzoato de sodio	0.10	0.10
Ác. Ascórbico	0.0009	0.0009
Cloruro de calcio	0.05	0.05

EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS PRODUCTOS DESARROLLADOS

Los resultados de la evaluación sensorial a un nivel de significancia del 1% indican que la mermelada de cáscara con pulpa de tuna tiene una mayor aceptación, que el de las mermeladas de pulpa y cáscara de tuna solas.

PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO

Las calificaciones del nivel de agrado de las características sensoriales de las mermeladas de tuna, que fueron evaluadas por 18 jueces, con escala hedónica de 5 puntos, se muestran en la tabla No. 11

Tabla No. 11
Calificaciones del nivel de agrado de las características sensoriales de las mermeladas (A = cáscara de tuna, B = cáscara con pulpa de tuna, C = pulpa de tuna.)

Parámetros	Apariencia			Color			Aroma			Sabor			Dulzura			Acidez			Consistencia			
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
Juez																						
1	5	5	4	4	5	3	3	4	4	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	5	4	3
2	4	5	3	4	5	4	3	4	4	4	5	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	4
3	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4
4	5	5	4	4	5	3	4	4	4	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	5	5	4
5	4	4	3	4	5	4	4	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4	3	4	5	4
6	4	4	3	4	5	3	3	4	5	4	5	5	4	4	3	5	5	5	4	5	5	4
7	4	5	4	4	5	4	4	5	4	3	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	
8	4	5	3	4	5	4	3	4	5	4	5	5	5	5	4	4	5	3	4	5	4	
9	4	5	4	4	5	3	4	4	4	4	5	4	5	5	4	4	5	4	5	5	4	
10	4	5	3	4	5	4	3	4	4	4	4	5	4	5	4	5	5	3	4	5	4	
11	4	5	4	4	5	3	4	5	4	3	4	5	5	5	4	4	5	4	5	5	4	
12	4	5	4	4	5	4	4	4	5	4	5	5	4	4	3	4	5	4	4	5	4	
13	4	5	3	4	4	3	4	5	4	3	5	4	5	5	4	4	4	3	5	5	5	
14	4	5	4	4	4	3	3	4	3	4	5	5	4	4	4	4	5	4	4	5	4	
15	4	5	3	5	5	4	4	4	4	3	4	4	4	5	3	4	5	4	5	4	4	
16	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	3	4	5	4	5	4	5	4	4	4	4	
17	4	4	4	4	5	3	4	4	4	3	5	4	5	5	3	5	5	4	5	4	4	
18	4	4	3	5	5	4	3	4	4	4	4	5	5	4	5	4	5	4	5	4	4	
Promedios	4.1	4.8	3.5	4.1	4.8	3.5	3.6	4.2	4.1	3.6	4.6	4.4	4.3	4.7	3.8	4.3	4.9	3.8	4.5	4.6	4	

EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS PRODUCTOS DESARROLLADOS

El cristalizado de cáscara de tuna obtuvo una buena aceptación; sin embargo fue menor al de las mermeladas.

PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO

Las calificaciones del nivel de agrado de las características sensoriales del cristalizado de cáscara de tuna, que fueron evaluadas por 18 jueces, con escala hedónica de 5 puntos se muestran en la tabla No. 12

Tabla No.12.
Calificaciones del nivel de agrado de las características sensoriales del cristalizado de cáscara de tuna.

PARAMETROS No. JUEZ	APARIENCIA GENERAL	COLOR	SABOR	AMARGOR	TEXTURA
1	5	4	4	5	5
2	4	4	5	5	5
3	5	4	4	5	4
4	4	5	5	5	5
5	3	5	4	5	4
6	3	5	4	5	4
7	4	4	5	5	5
8	5	4	4	4	5
9	5	4	5	5	4
10	4	5	4	5	5
11	4	5	4	5	4
12	5	3	3	5	4
13	4	4	4	5	4
14	3	4	4	4	5
15	4	3	5	5	4
16	5	3	4	4	4
17	4	4	4	4	4
18	5	4	3	4	5
Promedio	4.2	4.1	4.2	4.7	4.4

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CALIFICACIONES POR ATRIBUTO CALIFICADO

Las tablas Nos. 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19 muestran los resultados de la varianza calculada a nivel de dos vías, comparada con la varianza teórica para los atributos de calidad (apariencia general, color, aroma, sabor, dulzura, acidez y consistencia de gel) de las mermeladas de cáscara de tuna, cáscara con pulpa de tuna y pulpa de tuna representadas por las claves A, B y C respectivamente.

Tabla No.13

Comparación de las varianzas calculada y teórica a un nivel de diferencia significativa de 0.01 entre las mermeladas para el atributo **Apariencia General**.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	F. calculada	Comparativo	F. teórica	Diferencia significativa
Muestras	2	14.77	7.38	64.58	>	5.29	SÍ
Jueces	17	4.83	0.28	2.48	<	2.6	NO
Error	34	3.88	0.11				
Total	53	23.50					

Por el método de Diferencia Mínima Significativa (DMS), se obtuvieron los siguientes resultados: La muestra B tiene de manera significativa, mejor apariencia general que la muestra C, no así para la muestra A.

Tabla No. 14

Comparación de las varianzas calculada y teórica a un nivel de significancia de 0.01 entre las mermeladas para el atributo **Color**.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	F. calculada	Comparativo	F. teórica	Diferencia Significativa
Muestras	2	16.15	8.07	71.26	>	5.29	SI
Jueces	17	4.14	0.24	2.15	<	2.6	NO
Error	34	3.85	0.11				
Total	53	24.14					

Por el método de Diferencia Mínima Significativa (DMS), se obtuvieron los siguientes resultados: La muestra B tiene de manera significativa, mejor color que la muestra C, no así para la muestra A

Tabla 15

Comparación de las varianzas calculada y teórica a un nivel de significancia de 0.01 entre las mermeladas para el atributo **Aroma**.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	F. calculada	Comparativo	F. Teórica	Diferencia Significativa
Muestras	2	3.70	1.85	9.98	>	5.29	SÍ
Jueces	17	3.92	0.23	1.24	<	2.6	NO
Error	34	6.30	0.18				
Total	53	13.92					

Por el método de Diferencia Mínima significativa (DMS), se obtuvieron los siguientes resultados: La muestra B tiene de manera significativa, mejor aroma que la muestra A, no así para la muestra C.

Tabla No.16

Comparación de las varianzas calculada y teórica a un nivel de significancia de 0.01 entre las mermeladas para el atributo **sabor**.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	F. calculada	Comparativo	F. teórica	Diferencia Significativa
Muestras	2	11.15	5.57	30.64	>	5.29	SÍ
Jueces	17	6.54	0.38	2.11	<	2.6	NO
Error	34	6.18	0.18				
Total	53	23.87					

Por el método de Diferencia Mínima Significativa (DMS), se obtuvieron los siguientes resultados: La muestra B tiene de manera significativa, mejor sabor que la muestra C y esta a su vez tiene mejor sabor que la muestra A.

Tabla No. 17

Comparación de las varianzas calculada y teórica a un nivel de significancia de 0.01 entre las mermeladas para el atributo **dulzura**.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	F. calculada	Comparativo	F. teórica	Diferencia Significativa
Muestras	2	9.04	4.52	30.97	>	5.29	SI
Jueces	17	5.26	0.31	2.12	<	2.6	NO
Error	34	4.96	0.14				
Total	53	19.26					

Por el método de Diferencia Mínima Significativa (DMS), se obtuvieron los siguientes resultados: La muestra B tiene de manera significativa, mejor dulzura que la muestra A, la cual a su vez tiene mejor dulzura que la muestra C.

Tabla No.18

Comparación de las varianzas calculada y teórica a un nivel de significancia de 0.01 entre las mermeladas para el atributo **Acidez**.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	F. calculada	Comparativo	F. teórica	Diferencia Significativa
Muestras	2	11.11	5.55	44.73	>	5.29	SÍ
Jueces	17	4.66	0.27	2.21	<	2.6	NO
Error	34	4.22	0.12				
Total	53	19.99					

Por el método de Diferencia Mínima Significativa (DMS), se obtuvieron los siguientes resultados:

La muestra B tiene de manera significativa, mejor acidez que la muestra A, la cual a su vez tiene mejor acidez que la muestra C.

Tabla No. 19

Comparación de las varianzas calculada y teórica a un nivel de significancia de 0.01 entre las mermeladas para el atributo **Consistencia de gel**.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	F. calculada	Comparativo	F. teórica	Diferencia Significativa
Muestras	2	4.11	2.05	9.67	>	5.29	SÍ
Jueces	17	3.50	0.20	0.97	<	2.60	NO
Error	34	7.22	0.21				
Total	53	14.83					

Por el método de Diferencia Mínima Significativa (DMS), se obtuvieron los siguientes resultados: La muestra B tiene, de manera significativa mejor consistencia que la mermelada C, más no con respecto A.

En los atributos de apariencia general y color (Tablas Nos. 13 y 14) los resultados muestran que las mermeladas A, B y C presentan diferencia significativa entre sí. Por el método Diferencia Mínima Significativa (DMS), se observo que las mermeladas B y C hay diferencia significativa, no así para las muestras B y A, las cuales tienen mejor características sensoriales que la muestra C.

Con lo que respecta al atributo de aroma (Tabla No.15) se observa que las mermeladas A, B y C presentan diferencia significativa. Mientras que por el método

DMS, se encontró que las muestras B y C no presentan diferencia significativa y son las que tienen mejor aroma.

En lo que se refieren a sabor (Tabla No.16) los resultados muestran que las tres mermeladas presentan diferencia significativa. Corroborado por el método DMS, resultando ser la mermelada B la de mejor sabor en forma significativa comparada con las mermeladas A y C.

En los atributos dulzura y acidez (Tabla No.17 y 18) se observa que las tres mermeladas presentan diferencia significativa. Corroborado por el método DMS, resultando ser la mermelada B la de mejor acidez y dulzura en forma significativa comparada con las mermeladas A y C.

Finalmente, en el atributo consistencia de las tres mermeladas, se encontraron diferencia significativa. No así por el método de DMS en donde se encontró que no hay diferencia significativa entre las muestras A y B, las cuales tienen mejor consistencia que la muestra C.

En el cuadro de análisis de varianza para los atributos de las mermeladas, se encontró que la F calculada es siempre menor que la F teórica, por lo que se concluye que entre las opiniones de los jueces no hay diferencia significativa, es decir hay congruencia en sus juicios. (25).

Los promedios hedónicos de cada atributo para las mermeladas y el cristalizado se muestran en las Tablas No. 20 y 21

Al observar estos valores y las expresiones en la escala hedónica (Anexo 1 y 2) puede establecerse lo siguiente:

La mermelada de cáscara de tuna alcanzó un nivel de excelente en el atributo consistencia, los atributos de apariencia general, color, dulzura y acidez obtuvieron

un nivel de agrado bueno y para los atributos de sabor y aroma, resultaron ser de agrado regular.

La mermelada de cáscara con pulpa de tuna es superior a las mermeladas de cáscara de tuna y pulpa de tuna, en casi todos los atributos. El aroma se considero agradable pero débil, lo cual disminuye ligeramente la calificación del producto.

Con respecto a las calificaciones de la mermelada de tuna, el sabor cae dentro de un nivel de agrado muy bueno y un nivel de agrado de bueno para los atributos aroma, consistencia, dulzura, acidez, apariencia general y color.

El cristalizado de cáscara de tuna gozó en términos generales de un alto nivel de agrado. La apariencia general, la textura y el sabor el cual es uno de los parámetros más importantes, alcanzaron un nivel de agrado muy bueno, el color fue agradable pero débil y no presento notas amargas.

La desviación estándar (s) (27), calculada para los atributos del cristalizado, nos señala una pequeña discrepancia de los jueces respecto a dicha opinión.

(Tabla No. 21)

Tabla No. 20
Promedios Hedónicos de las mermeladas desarrolladas, para los atributos de calidad.

Atributo	Apariencia General	Color	Aroma	Sabor	Dulzura	Acidez	Consistencia
Mermelada							
Cáscara de tuna	4.11	4.11	3.60	3.61	4.33	4.33	4.55
Cáscara con pulpa de tuna	4.83	4.88	4.16	4.66	4.77	4.83	4.61
Tuna	3.55	3.56	4.11	4.44	3.77	3.77	4.00

Tabla No. 21

Promedios Hedónicos y desviación estándar del cristalizado de cáscara de tuna blanca, para los atributos de calidad.

Atributo	Apariencia General	Color	Sabor	Amargor	Textura
Promedios	4.22	4.11	4.16	4.72	4.44
Desviación estándar (s)	0.74	0.68	0.66	0.66	0.67

PRUEBA DE ACEPTACIÓN

Los productos desarrollados se evaluaron de acuerdo con un criterio personal-subjetivo de 50 jueces, para determinar si son aceptados o rechazados para su consumo. Los resultados se muestran en la Tabla No. 22, las claves 497 y 092 corresponden a las mermeladas de cáscara de tuna y cáscara con pulpa de tuna respectivamente.

Tabla No. 22

Número de jueces que aceptaron la muestra, contra el número de rechazos, para un grupo de 50 jueces afectivos.

Muestra	Grupo de Prueba	Aceptación		% de Aceptación
		Si	No	
497	50	33	18	66
092	50	41	9	82
113	50	39	11	78

Nota: El cuestionario se muestra en el anexo No. 3

Se determinó, si la aceptación fue significativa y se obtuvo la siguiente información:

Las tres muestras fueron aceptadas de una población de 50 jueces afectivos de manera significativa a un nivel de probabilidad de 0.001.

Finalmente, dado el tamaño del grupo de jueces, los resultados obtenidos de las evaluaciones sensoriales y estadísticas, solo pueden considerarse como un indicador de la tendencia en la preferencia por los productos desarrollados.

**CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LOS PRODUCTOS
DESARROLLADOS.
MERMELADA**

Durante el proceso de elaboración de mermelada se controló el contenido de sólidos solubles, el equilibrio de sacarosa-azúcar invertido y el pH. Parámetros que determinan la calidad del producto final. Los resultados se muestran en el Tabla No.23, las claves 497 y 092 corresponden a las mermeladas de cáscara de tuna y cáscara con pulpa de tuna respectivamente.

Tabla No.23
Características fisicoquímicas de las mermeladas de tuna blanca.

PARAMETROS	497 (%)	092 (%)
Humedad	30.77	31.89
Proteína *	0.203	0.227
Extracto etéreo	0.103	0.131
Fibra cruda	2.409	2.353
Cenizas	0.855	0.650
Carbohidratos **	65.66	64.75
Sólidos solubles (°Brix a 20°C)	66.5	65.40
Sacarosa	42.68	39.24
Azúcar invertido	22.98	26.16
pH	3.3	3.4
Acidez (% de ácido cítrico)	0.9412	0.8891

- NX6.25 ** Por diferencia.
- El análisis se realizó por triplicado

Los resultados obtenidos de los parámetros de calidad indican que se encuentran dentro de las especificaciones de las normas para mermelada (17, 19).

CRISTALIZADO

En la Tabla No. 24 se observa la composición química del cristalizado de cáscara de tuna.

Tabla No.24
Composición química del cristalizado de cáscara de tuna

<i>PARÁMETROS</i>	<i>CRISTALIZADO %</i>
Humedad	18.01
Proteína *	0.99
Extracto etéreo	0.51
Fibra cruda	2.96
Cenizas	1.65
Carbohidratos **	75.88
pH	3.8
Acidez (ácido cítrico)	0.93

- *NX6.25 **Por diferencia
- El análisis se realizó por triplicado

Los resultados obtenidos muestran un alto contenido de carbohidratos, por lo que se infiere un alto valor energético. También se observa un alto porcentaje de cenizas, debido a que se utilizó hidróxido de calcio para el reforzado en el proceso por lo que se puede considerar como una fuente nutricional de calcio.

SELECCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HIDRÓXIDO DE CALCIO Y EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN DURANTE EL REFORZADO

Al variar la concentración de hidróxido de calcio y el tiempo de reposo para el reforzado se obtuvieron las siguientes características sensoriales de las cáscaras acondicionadas. Ver Tabla No.25

Tabla No. 25

Características de la cáscara al someterla a diferentes condiciones durante el lechado en cal (reforzado).

Muestra con Ca(OH) ₂	APARIENCIA		TEXTURA		COLOR		SABOR	
	12h	24h	12h	24h	12h	24h	12h	24h
15%	*Aceptable	*Poco aceptable	*Aspera *Difícil corte	*Aspera *Difícil corte *Muy seca	*Verde claro	*Verde opaco	*Ligero sabor a Hierba y a álcali	*Sabor a hierba y a álcali
10%	*Aceptable	*Nada aceptable	*Firme *Homogénea *Fácil corte	*Aspera *Difícil corte *Seca	*Verde claro	*Verde opaco	*Ligero sabor a tuna	*Sabor a yerba y a álcali
5%	*Aceptable	*Poco aceptable	*Blanda *Fácil corte	*Difícil corte *Ligeramente seca	*Verde claro	*Verde opaco	*Ligero sabor a tuna	*Ligero sabor a álcali

Los parámetros fueron evaluados por 3 jueces entrenados.

En base a los resultados obtenidos se decide trabajar con la concentración al 10% de Hidróxido de calcio en un tiempo de 12h ya que a estas condiciones la cáscara reforzada no presentó sabor alcalino y se conservo el ligero sabor a tuna. Además la textura que se obtuvo es característica de un cristalizado.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

La tabla No. 26 muestra los resultados obtenidos al aplicar una prueba microbiológica para determinar hongos y levaduras en los productos desarrollados. A cada producto se le analizó a los siete días de elaboración y después de 6 meses de almacenamiento

Tabla No. 26

PRODUCTO	RECIEN ELABORADAS	ALMACENADAS 6 MESES
Mermelada de cáscara de tuna	0 col/g	0 col/g
Mermelada de cáscara con pulpa de tuna	0 col/g	0 col/g
Cristalizado de cáscara de tuna	0 col/g	0 col/g

Los resultados obtenidos para mermeladas comprobaron que un pH relativamente bajo y un alto contenido de sólidos solubles favorecen su conservación.

En el proceso del cristalizado las etapas críticas fueron las etapas de secado y ambientación, las cuales dieron como resultado un producto con una calidad microbiológica muy buena, que permite que el producto pueda ser almacenado por un largo tiempo sin que se vea afectado por el desarrollo de hongos y / o levaduras.

Se puede considerar que durante el proceso se realizaron buenas practicas de manufactura. Además de que se incluyeron conservadores en las formulaciones como una medida de seguridad.

EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA PECTINA DE CÁSCARA DE TUNA BLANCA

OBTENCIÓN DE LA PECTINA.

La tabla No. 27 muestra los resultados del rendimiento de las pectinas obtenidas en los ocho tratamientos del diseño experimental.

Tabla No.27
Rendimiento de pectina obtenida de cáscara de tuna blanca.

TRATAMIENTO	CONDICIONES	% PECTINA (BH)	% PECTINA (BS)
1	92°C, 1.5, 70	1.1025	8.1066
2	92°C, 1.5, 50	0.9813	7.2154
3	92°C, 3.0, 70	0.7941	5.8389
4	92°C, 3.0, 50	0.5457	4.0125
5	85°C, 3.0, 50	0.2175	1.5602
6	85°C, 3.0, 70	0.4629	3.4041
7	85°C, 1.5, 50	0.6971	5.1250
8	85°C, 1.5, 70	0.8982	6.6044

BH (Base Húmeda), BS (Base Seca)

Los resultados del diseño experimental, nos muestran que los resultados con mayor rendimiento son el 1 y 2, los cuales tienen en común el pH de 1.5 y la temperatura de 92°C.

Se hizo un contraste entre las extracciones realizadas a pH de 1.5 contra aquellas de pH de 3.0 y se encontró una mayor cantidad de pectina extraída a pH de 1.5, debido a que la sustancia precursora de la pectina (la protopectina), es insoluble en agua; sin embargo se solubiliza a pH ácido y con aplicación de calor.

La siguiente variable que se contrastó fue la temperatura y se encontró un mayor rendimiento a una temperatura de 92°C.

Se manifestó una relación directa entre la cantidad de pectina extraída, la temperatura, la acidez del medio y el tiempo de extracción, lo que corrobora que a

mayor temperatura, menor pH y mayor tiempo de extracción, mayor es la cantidad de pectina extraída.

CARACTERIZACIÓN

Para realizar la caracterización se utilizaron las pectinas de los tratamientos que obtuvieron mayor rendimiento y como referencia se utilizó una pectina de bajo metoxilo (8.1% de metoxilo y 86.1% de ácido galacturónico). Todas las determinaciones se efectuaron por triplicado. Ver Tabla No.28

Tabla No.28
Características de calidad de la pectina extraída.

Tratamiento	Rendimiento (% BS)	Metoxilos (%)	Ác. Galacturónico (%)	Color
1	8.11	7.25	68.94	crema oscuro
2	7.21	8.08	68.89	crema oscuro
3	5.84	9.27	67.34	verde-café
4	4.01	9.98	67.61	café-claro
7	5.12	9.78	68.33	amarillo claro
8	6.60	8.79	68.47	amarillo claro
Referencia	-----	8.13	86.25	crema

Al relacionar el contenido de metoxilos con el rendimiento en función del tiempo, temperatura y acidez; se observa que sus valores son inversamente proporcionales, ya que al aumentar el tiempo, la temperatura y la cantidad de ácido, se provoca una hidrólisis no solo en los enlaces glucosídicos sino también de los enlaces éster, lo que se origina un mayor rendimiento pero un menor contenido de grupos metoxilos. Resultando ser pectinas de bajo metoxilo.

En cuanto al grado de pureza dada por el contenido de ác. Galacturónico, se pueden observar valores muy similares en todos los tratamientos. Esto se debe a que se mantuvo un control en todos los tratamientos, es decir se lavo

perfectamente las cáscaras y se realizaron cuatro eficientes lavados al precipitado obtenido para eliminar lo mejor posible el material no urónico.

La única variación se puede deber al pH; ya que al bajarlo, se pueden eliminar cationes polivalentes del extracto y provocar una hidrólisis en la cadena del polisacárido de pectina.

Se preparó un gel considerándose que la pectina extraída es de bajo metoxilo de acuerdo a los resultados obtenidos, utilizándose las pectinas extraídas con los tratamientos 4 y 7, debido a que estas presentaron un mayor contenido de grupos metoxilos.

Se busco una formulación para elaborar un gel que presentara buena consistencia. Obteniéndose la formula de la Tabla No.29

Tabla No.29
Formulación de un gel a partir de pectina de cáscara de tuna blanca.

INGREDIENTES	%
Agua	77.51
Pectina	02.44
Azúcar	20.00
Cloruro de calcio	00.05

Al elaborar el gel con la anterior formulación, se observó que este fue gelificado en el momento de enfriado. Obteniéndose una consistencia firme y una apariencia aceptable. Por lo que se concluye que las pectinas obtenidas en los diferentes tratamientos son de bajo metoxilo.

Una característica que no fue posible evaluar fue el grado de gelificación, pues este tipo de pectinas gelifican en productos que contienen un bajo contenido de sólidos y donde se usan iones bivalentes y una pequeña cantidad de azúcar, y la definición de grado no es aplicable a este tipo de pectinas.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

1. Se logro desarrollar una mermelada de cáscara de tuna blanca (**Opuntia ficus indica**) con características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas apropiadas para comercializarse.
2. Se logro desarrollar un cristalizado a base de cáscara de tuna blanca (**Opuntia ficus indica**) con características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas apropiadas para comercializarse.
3. La etapa de acondicionamiento permite obtener cáscaras de tuna blanca que pueden ser sometidas a procesos como la deshidratación osmótica, manteniendo su color, proporcionándole una textura firme, de fácil corte y buena apariencia que le permiten resistir estos procesos.
4. El incluir la etapa de ambientación (enfriamiento) en los procesos contribuye a que los productos cumplan con la calidad microbiologica.
5. El cristalizado desarrollado es una fuente de calcio y de aporte energético.
6. La mermelada desarrollada es una fuente de aporte energético.
7. El rendimiento de pectina extraída a partir de cáscara de tuna blanca es aceptable.
8. El porcentaje de esterificación obtenido muestra que la pectina es de bajo metoxilo la cual tiene muchas aplicaciones a nivel industrial.

9. Considerando la pectina como un producto adicional a la cadena de obtención de varios productos de la tuna (jugo, mermelada, ate, cristalizado, etc.). Presenta la ventaja de generar utilidades a la planta además de una inversión que permite abatir los costos de producción sensiblemente.
10. Se pueden generar fuentes de trabajo, debido a que su proceso de industrialización requiere de la mano del hombre.

RECOMENDACIONES

1. Es factible la realización de la extracción de pectina de tuna blanca por el método de hidrólisis ácida en la industria procesadora de tuna, ya que desde el punto de vista técnico no es complicado; sin embargo tendrá que hacerse un estudio económico previo.
2. Es importante mencionar que como complemento de este trabajo, será conveniente realizar un estudio de mercado tanto a nivel nacional como a nivel internacional.

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Agredano M.C.
Elaboración de una mermelada de tuna (*Opuntia ficus indica*)
México, D.F.- Tesis UNAM. 1995
- 2.- Aguilar E.E.
Extracción de pectina a partir de tejocote (*Crataegus mexicana*) mediante hidrólisis ácida y resinas de intercambio iónico.
Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos Vol. 35 No. 1. 1995
- 3.- Anzaldúa M.A.
La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica.
Ed Acribia Zaragoza (España). 1994
- 4.- Asociación oficial Agricultural Chemist.
Official methods of analysis of the A.O.A.C.
14. Ed. Washington D.C. 1984
- 5.- Astete G. y Bifani V.
Precipitación de pectinas de bagazo de manzanas de la región de la Araucanía mediante etanol y tricloruro de aluminio.
Consejo Superior de Investigaciones científicas.
Instituto de Agroquímica y tecnología de Alimentos. Vol. 32. No.2 1992
- 6.- Badui D.S.
Química de los alimentos
Ed. Alhambra Mexicana. 1995
- 7.- Becerra R.H.
Estudio teórico experimental sobre el aprovechamiento del nopal.
México, D.F. UNAM. 1969
- 8.- Bejarano A. A.
Anteproyecto para la elaboración de una bebida enlatada hecha a partir de tuna.
México, D.F.- Tesis UNAM. 1973
- 9.- Bourne G. H.
World Review of Nutrition and Dietetics
Vol. 18. Atlanta Georgia. 1973
- 10.- Canan R. L.
Extracción de pectina a partir del bagazo de manzana
México, D.F.- Tesis UNAM. 1981
- 11.- Carr J.M., Suferling K. and Poppe J.
Hydrocolloids and their use in the Confectionery Industry.
Food Technology. July 1995.
- 12.- Castellanos H., Solis F.M. y Duran B.C.
Obtención de pectinas a partir del mucilago del beneficiado del café en Veracruz.
Industria Alimentaria Vol.15 No.6, Nov-Dic. 1993

- 13.- Cheftel J.C. y Cheftel H.
Introducción a la Bioquímica y tecnología de los alimentos.
Vol.1 E d. Acribia Zaragoza (España) 1976
- 14.- Desrosier W. N.
Conservación de los alimentos
Ed. Continental México 1991.
- 15.- Diario Oficial
Proyecto de Norma Oficial Mexicana
Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a
tratamiento térmico.
NOM-130-SSSAI-1995
- 16.- Dirección General de Información Agropecuaria Forestal y de Fauna Silvestre
S.A.R.H. 1993
- 17.- Dirección General de Normas
Norma Oficial Mexicana
Norma Oficial de calidad para mermeladas de naranja
México, D.F. 1986
- 18.- Dirección General de Normas
Norma Oficial Mexicana
Método para la cuenta de mohos y levaduras en Alimentos
NOM-III-SSSA1-1994
- 19.- Dirección General de Normas
Productos Alimenticios para uso humano frutas y derivados. -Mermelada de
Chabacano.
NOM -F- 132 -1982
- 20.- Escamilla H. M.
Proyecto para la Industrialización de la tuna
México, D.F.- Tesis UNAM 1977
- 21.- Fennema O.R.
Química de los alimentos
E d. Acribia Zaragoza (España) 1973
- 22.- Frazier W.C
Microbiología de los alimentos
E d. Acribia España 199?
- 23.- George H.R.
Fabricación de mermelada
E d. Acribia Zaragoza(España) 1987
- 24.- Heng K., Guilbert S., Cuq J.L.
Osmotic dehydration of papaya: influence of process variables on the product
quality.
Sciences des Aliments Vol. 10 1990
- 25.- Jay J.M.
Micobiología moderna de los alimentos
E d. Acribia Zaragoza 1973

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

- 26.- Lieberman L.M. y Ortega L.R.
Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos.
Secretaría de Salud.
Quinta Edición 1988.
- 27.- Marques C. M.J.
Probabilidad y estadística para ciencias Químico- Biológicas
University of Maryland, USA 1988
- 28.- Moreno G.J.
Datos sobre nopales tuneros (*Opuntia* sp.) e introducción al Estado de Nuevo León.
Tesis Ec. Agricultura y Ganadería, Instituto Tecnológico y Estudios Superiores de Monterrey, S.A.G., 1962
- 29.- Navarro M.V.
Esterilidad comercial en alimentos enlatados, su significado y determinación.
Tecnología de Alimentos Vol.29, No.3-4 1994
- 30.- Norman N.P.
La ciencia de los alimentos
Edutex 1ra. Edición México 1989
- 31.- Pedrero D.L.
Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos
E d. Alhambra Mexicana 1996
- 32.- Perez P.E.
Estudio sobre la obtención de pectina cítrica a partir de cáscara de naranja.
México, D.F.- Tesis UNAM 1979
- 33.-Pimienta B.E.
El nopal tunero
1ra. Edición Universidad de Guadalajara 1990
- 34.- Pointing J.D. y Forrey G.G.
Osmotic dehydration of fruits
Food Technology, Vol. 20, No.125 1966
- 35.- Pointing J.D.
Osmotic dehydration of fruits-recent modification and applications
Process Biochemistry. Dec. 1973
- 36.- Prieto M.L.
Elaboración de un cristalizado a base de nopal
México, D.F.- Tesis UNAM 1995
- 37.- Publicaciones de la División de Nutrición
Tablas de uso práctico de valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México. 2ª Edición
Instituto Nacional de la Nutrición.- México. D.F. Nov. de 1992
- 38.- Ramirez M.G.
Perspectivas de la utilización del nopal y tuna
México, D.F.- Tesis UNAM 1981
- 39.- Rauch, G.H.
Fabricación de mermeladas
E d. Acribia Zaragoza 1970

- 40.- Remes Q.A.
Puntos Críticos en el control de la producción de mermeladas
Industria Alimentaria Vol.17 No.1 Ene.-Feb. 1995
- 41.- Rodriguez M.J.V.
Anteproyecto de una agroindustria para la elaboración de dulces a base de nopal
México, D.F.- Tesis UNAM 1983
- 42.- Rodriguez R.J.
Mermelada de naranja
México, D.F.- Tesis UNAM 1984
- 43.- Sanchez, P.H. y Limón, H.L.
Deshidratación Osmotica de Chayote (Sechule edule)
Tecnología de los Alimentos Vol.32., No. 6, 1997.
- 44.- Sanchez P.H. y Martínez V.E.
Deshidratación Osmotica de papaya (Caricca papaya)
Tecnología de Alimentos Vol. 32, No.26, 1997
- 45.- Sepúlvera E. y Sáenz L.
Características químicas y físicas de pulpa de tuna (Opuntia ficis indica)
Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos Vol.30, No.4 1990
- 46.- Shukla T.P.
Osmotic dehydration
Cereal Foods World. Vol.36, No 8 1991
- 47.- Silva J.A. and Rao M.A.
Rheology of structure Development in high- Methoxyl pectin/ sugar systems.
Food Technology oct 1995
- 48.- Suarez V.G.L.
Anteproyecto para la producción de pectina en México
México, D.F.- Tesis UNAM 1974
- 49.- Subsecretaría de Agricultura. SARH.
Dirección Sistema- Producto Nopal y tuna.
Abril 1992.
- 50.- Valdez A., Mujica H., Vergara F.
Aspectos básicos de la hidrolisis de sacarosa durante la deshidratación osmotica de papaya.
Tecnología de alimentos Vol. 28, No. 2, 1993
- 51.-Vial C.G.
Osmotic dehydration of Kiwi fruits: influence of process variables on the color and ascorbic acid content.
Sciences de Aliments, Vol. II 1991
- 52.- Villareal F., De Alva B.E. y Romero G.
Estudio Químico Sobre jugos de tuna enlatados
Instituto tecnologico de Estudios Superiores de Monterrey Ciencia Aplicada, Vol. 23, No.2 N.L.1964
- 53.- Weiser Mounthey David
Practical Food microbiology and Technology.
2ª. Edition 1971. The AVI Publishing Company Inc.

CAPÍTULO VII

APÉNDICE

ANEXO No.1

FORMATO PARA PRUEBA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Prueba No.-----

Fecha:-----

Nombre:-----

DESARROLLO DE UNA MERMELADA A PARTIR DE CÁSCARA CON TUNA BLANCA

MUESTRA	A	B	C
APARIENCIA GENERAL	-----	-----	-----
COLOR	-----	-----	-----
AROMA	-----	-----	-----
SABOR	-----	-----	-----
DULZURA	-----	-----	-----
ACIDEZ	-----	-----	-----
CONSISTENCIA DE GEL	-----	-----	-----

Opciones:

5) Me gusta en extremo (Excelente)

4) Me gusta ligeramente (Bueno)

3) No me gusta ni me disgusta (Regular)

2) Me disgusta ligeramente (Malo)

1) Me disgusta en extremo (Pésimo)

Observaciones y sugerencias:-----

Por su atención y cooperación **GRACIAS**

ANEXO No.2

FORMATO PARA PRUEBA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Prueba No.-----

Fecha:-----

Nombre:-----

DESARROLLO DE UN CRISTALIZADO A PARTIR DE CÁSCARA DE TUNA BLANCA

MUESTRA

D

APARIENCIA GENERAL

COLOR

AROMA

SABOR

AMARGOR

TEXTURA

Opciones:

5) Me gusta en extremo (Excelente)

4) Me gusta ligeramente (Bueno)

3) No me gusta ni me disgusta (Regular)

2) Me disgusta ligeramente (Malo)

1) Me disgusta en extremo (Pésimo)

Observaciones y sugerencias:-----

Por su atención y cooperación **GRACIAS**

ANEXO No. 3

FORMATO PARA PRUEBA DE ACEPTACIÓN

Prueba No. -----
Fecha:-----
Nombre:-----

INSTRUCCIONES: Indique con una "X" su aceptación al probar cada muestra de cáscara de tuna presentada.

MUESTRA:	A C E P T A	
	SI	NO
497 (A)	-----	-----
092 (B)	-----	-----
113 (D)	-----	-----

Por su atención y cooperación **GRACIAS**