



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

## ' POSIBLE UTILIZACIÓN DE LOS XOCONOSTLES DEL ESTADO DE QUERÉTARO '

*Biblioteca Central*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

— TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**QUÍMICO EN ALIMENTOS**

PRESENTAN:

*Federico Cintora Almanza*

*Roberto Cintora Almanza*

**JUNIO 1980, QUERÉTARO, QRO.**

No. R# 52311

TS

Clas. 664.8

C574 p

**A NUESTROS PADRES**

**Ma. Trinidad y Federico**

**Por la vida misma**

**Por su trabajo diario**

**Por la educación primera**

**Por su ejemplo, comprensión y apoyo**

**Por mostrarnos la forma de**

**alcanzar todas las metas.**

**A NUESTROS HERMANOS**

**Victor Manuel, Blanca Estela,**

**Benjamín, Martha y Ma. Trinidad**

**Por el ambiente cotidiano**

**Por ser partícipes de nuestra**

**Alegría, el trabajo y el estudio.**

AL M. en C. CARLOS CAMPILLO S.

Por la paciencia, el interés y  
disposición que siempre mostró  
en la elaboración de este trabajo.

A NUESTROS MAESTROS

Por transmitirnos sus  
conocimientos con generosidad  
y dedicación.

A EVA

Por su cariño y compañía.

Federico .

A VICKY

Fuente de mi más sublime

Inspiración.

Por forjar conmigo una vida de  
Respeto, cariño y constancia.

Roberto .

A LA DRA. LEIA SCHAINVAR

Quien nos orientó en la  
clasificación y descripción  
de las Especies de Xoconostles.

A LA CIA. CLEMENTE JACQUES

Por su cooperación en la  
realización de este trabajo.

## C O N T E N I D O

	INDICE DE CUADROS
	INDICE DE FIGURAS
<u>CAPITULO I</u>	INTRODUCCION
<u>CAPITULO II</u>	OBJETIVOS
<u>CAPITULO III</u>	GENERALIDADES
<u>CAPITULO IV</u>	MATERIALES Y METODOS
<u>CAPITULO V</u>	RESULTADOS
<u>CAPITULO VI</u>	DISCUSION DE RESULTADOS
<u>CAPITULO VII</u>	CONCLUSIONES
	ANEXO
	BIBLIOGRAFIA

## INDICE DE CUADROS

	PAGINA
CUADRO No. I	6
CLASIFICACION DE CLIMAS POR EL INDICE DE ARIDEZ.	
CUADRO No. II	7
EL INDICE DE ARIDEZ Y LOS TIPOS DE CLIMAS EN EL ESTADO DE QUERETARO.	
CUADRO No. III	8
CARACTERISTICAS QUE DETERMINAN EL CLIMA EN EL ESTADO DE QUERETARO.	
CUADRO No. IV	9
EL CLIMA PREDOMINANTE EN EL ESTADO DE QUERETARO.	
CUADRO No. V	11
LA VEGETACION MAS COMUN EN EL ESTADO DE QUERETARO.	
CUADRO No. VI	21
ANALISIS BROMATOLOGICO PARA EL NOPAL XOCONOSTLE.	
CUADRO No. VII	22
ANALISIS DE LAS CENIZAS PARA EL NOPAL XOCONOSTLE.	

	PÁGINA
CUADRO No. VIII	23
COMPOSICION QUIMICA DE LAS DIFEREN- TES PARTES DEL FRUTO.	
CUADRO No. IX	24
ANALISIS BROMATOLOGICO PARA UNA TU- NA DULCE CARDONA.OP. STREPTACANTHA.	
CUADRO No. X	25
COMPOSICION QUIMICA DE LOS NOPALES- DE LOS SUBGENEROS CILINDROPUNTIA , PLATOPUNTIA.	
CUADRO No. XI	28
LOS SUELOS DEL ESTADO DE QUERETARO.	
CUADRO No. XII	39
PECTINA ACIDEZ CITRICA Y pH DE - FRUTAS.	
CUADRO No. XIII	70
ANALISIS BROMATOLOGICO DEL NOPAL - XOCONOSTLE.	
CUADRO No. XIV	70
CONSTITUYENTES DE LA TUNA XOCONOS - TLE.	
CUADRO No. XV	71
ANALISIS BROMATOLOGICO DE LA TUNA - XOCONOSTLE.	

	PAGINA
CUADRO No. XVI	72
ESTUDIOS ANALITICOS EN TUNA XOCO_ NOSTLE.	
CUADRO NO. XVII	73
MATERIAS PECTICAS DE LA TUNA XOCO_ NOSTLE.	
CUADRO No. XVIII	74
AZUCARES R.T. PECTINA TOTAL Y pH_ EN XOCONOSTLES DE DIVERSO GRADO_ DE MADURACION. OP. CHATA.	

## INDICE DE FIGURAS

	PAGINA
FIGURA No. 1 ACIDO PECTICO.	34
FIGURA No. 2 FORMULA DEL ACIDO POLIGALACTURONICO DE LA PECTINA.	35
FIGURA No. 3 PECTINA.	37
FIGURA No. 4 VARIACION DEL pH DEL FRUTO XOCONOS- TLE CON LA MADURACION (OP. CHATA).	75
FIGURA NO. 5 VARIACION DEL CONTENIDO DE AZUCAR _ DEL FRUTO XOCONOSTLE CON LA MADURA- CION (OP. CHATA ).	76
FIGURA No. 6 VARIACION DE LA CANTIDAD DE PECTINA TOTAL DEL FRUTO XOCONOSTLE CON LA _ MADURACION (OP. CHATA).	77

## C A P I T U L O I

### I N T R O D U C C I O N

El aprovechamiento comercial escaso que se ha hecho de los nopales de las zonas semiáridas, se limita al uso del nopal de tuna dulce y de su fruto, preparándose de éste el "Queso de Tuna" y el "Colonche", una bebida (7); miel y mermelada de tuna dulce (35); desaprovechando el potencial tan importante que -- significan los nopales Xoconostles y su fruto que contiene más pulpa, Vitamina C, pectinas y dan más altos rendimientos por su menor contenido en semillas.

Hasta la fecha se ha hecho poca investigación orientada a la clasificación, cultivo, explotación o aprovechamiento de los Xoconostles del país, por lo que no se conocen la totalidad de las especies de esta planta. Tampoco se han realizado estudios tendientes a determinar la naturaleza de las proteínas, grasas y azúcares de la planta, así como su valor nutritivo a nivel de aminoácidos y digestibilidad.

Debido a ésto en la Facultad de Química se ha propuesto un proyecto de investigación tendiente al aprovechamiento de esta planta mediante la implantación de una industria rural que permita la elaboración de productos azucarados, proporcionando --

así una fuente de ingresos para los habitantes de esas zonas - hasta ahora marginadas.

La finalidad de la primera parte de este proyecto es desarrollar una tecnología de conservación del fruto Xoconostle, un producto de las zonas áridas y semiáridas, que actualmente se encuentra en forma primitiva y difundido por todo el Estado; - hacer una descripción de los diferentes Xoconostles del Estado; encontrar los parámetros de fabricación de mermelada y ate de Xoconostle, de Xoconostle en Almíbar, cristalizado y en Salmuera.

## CAPITULO II

OBJETIVOS

## OBJETIVO MEDIATO

Desarrollar métodos de elaboración de diferentes productos a partir del fruto del nopal Xoconostle, que permitan su aprovechamiento a través de la fabricación a nivel piloto de productos conservados mediante azúcar.

## OBJETIVOS INMEDIATOS

- 1.- Efectuar una Revisión Bibliográfica a fin de disponer de datos que nos orienten sobre las posibilidades de aprovechamiento del nopal Xoconostle y su fruto en el Estado de Querétaro .
- 2.- Hacer una descripción de las especies de nopal Xoconostle conocidas hasta ahora.
- 3.- Conocer la Composición Química de la tuna Xoconostle.
- 4.- Desarrollar una técnica para la elaboración de:
  - 4.- Mermelada
  - 5.- Ate
  - 6.- Xoconostle en Almíbar
  - 7.- Xoconostle Cristalizado
  - 8.- Xoconostle en Salmuera

GENERALIDADES

## LOCALIZACION DE LAS ZONAS ARIDAS

El 82% de la superficie de la República Mexicana puede catalogarse como árida o semiárida (16). Si se toma en cuenta que -- gran parte de la población nativa de tales zonas vive de la -- explotación de plantas adaptadas a esas condiciones, se com--prende la urgente necesidad que tiene el país de lograr el --- aprovechamiento integral de los recursos naturales de las zo--nas áridas y semiáridas.

Las zonas áridas de Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes, Jalisco, Zacatecas, Durango, San Luis - Potosí, Sur de Nuevo León y Tamaulipas, tienen su origen en la presencia de la Sierra Madre Oriental que corre paralela al -- Golfo de México, que detiene las corrientes de aire húmedo que vienen del Océano Atlántico. Las escasas lluvias que hay en -- estas zonas se deben a perturbaciones ciclónicas que se origi--nan en el Golfo de México. (10).

La zona árida que existe entre México y los Estados Unidos, Baja California, Arizona, Sonora, Nuevo México, Chihuahua, Coahuila y Norte de Tamaulipas, tiene su origen en la "Corriente - Fría de California" (10).

La zona semiárida de Tehuantepec se atribuye a los efectos de embalse de las sierra altas sobre las corrientes de aire. En otras zonas la característica del suelo que no retiene el agua da lugar a zonas erosionadas, como en el Estado de Querétaro, en donde a la acción de barrera de la Sierra Madre Oriental se une la poca y a veces nula filtración del agua hacia el subsuelo, lo cual erosiona el suelo rápidamente.

#### DEFINICION DE LA ZONA ARIDA

Aunque la palabra desierto signifique literalmente un área desierta, deshabitada o sin cultivar, en la actualidad el desierto ha venido a ser sinónimo de tierra árida, esté o nó habitada. Con relación a la lluvia consideramos que zona árida es -- aquella cuya precipitación pluvial es menor de 250 mm y, en general, con altas temperaturas en verano y bajas en invierno.

En el sentido más amplio de la palabra, una zona árida es un -- área terrestre caracterizada por una baja precipitación plu-- vial, temperatura alta o baja cuando menos por temporada y una proporción más alta de evaporación que de precipitación. (10).

Para el estudio de los climas y su relación con la vegetación y agricultura se usa el Índice de Aridez que se encuentra por -- métodos matemáticos como el de Emberger (3). La clasificación de climas de acuerdo al Índice de Aridez, según Etredda y Musiño (14), es la que podemos observar en el CUADRO I .

C U A D R O I  
CLASIFICACION DE CLIMAS POR EL INDICE DE ARIDEZ

INDICE DE ARIDEZ	CLIMA TIPO	ESTADIO
Menor de 38	Húmedo	Definitivo
De 38 a 100	Subhúmedo	Transición
De 101 a 400	Semiárido	Transición
De 401 a 1000	Arido	Definitivo
Mayor de 1000	Arido	Definitivo

FUENTE: Eretta y Musiño (14)

En la zona Noroccidental del Estado de Querétaro el Índice de Aridez es de 77, teniéndose un clima subhúmedo. En la zona Nororiental y Centro-Sur del Estado el Índice es de 200 ó mayor, teniéndose un clima semiárido (12); las demás zonas se indican en el CUADRO II .

El Estado de Querétaro cuenta con una superficie total de --- 11769 Km<sup>2</sup>, de de los cuales 6500 Km<sup>2</sup> comprenden la zona semiárida (8), que se encuentra más pobre y necesitada, en los municipios de Cadereyta, Colón, Tolimán, Peñamiller, Ezequiel -- Montes, Tequisquiapan, Huimilpan, El Marqués, Arrollo Seco y - Landa de Matamoros Occidente (8).

La zona subhúmeda abarca los municipios de Jalpan, Pinal de -

C U A D R O 11  
EL INDICE DE ARIDEZ Y LOS TIPOS  
DE CLIMAS EN EL ESTADO DE QUERETARO

INDICE DE ARIDEZ (IA)	TIPO DE CLIMA	LOCALIZACION
81.00	Subhúmedo	Jalpan y parte Occidental de Landa de Matamoros
116.00	Semiárido	Arrollo seco región Norte
133.00	Semiárido	San Juan del Rfo Tequis.
169.33	Semiárido	Landa de Matamoros Oriente
214.60	Semiárido	Peñamiller
226.15	Semiárido	Querétaro-Colón-El Marqués
250.00	Semiárido	Tolimán
284.80	Semiárido	Cadereyta-Ezequiel Montes

FUENTE: DETENAL, FABREC, INAH, SAHOP (12)

Amoles, Parte de Arroyo Seco y Landa de Matamoros, San Joaquín y parte de Amealco. El resto del territorio estatal se considera semiárido (8,12). En los cuadros III y IV se pueden observar las características que determinan el clima en el Estado de Querétaro, éstas se obtienen de las observaciones y mediciones que las diversas estaciones metereológicas enclavadas en el Territorio Estatal, llevan a cabo.

CARACTERISTICAS QUE DETERMINAN EL CLIMA EN EL ESTADO  
DE QUERETARO

ESTACION METEREOLÓGICA*	A	P	T	E
Amealco	2640	69.36	15.40	72.14
Chichimiquellas-Marqués	1950	46.48	16.80	78.52
El Porvenir-Huimilpan	1810	51.53	17.20	80.52
La Palma-Pedro Escobedo	1900	52.13	17.40	81.36
San Juan del Río	1905	57.90	16.60	80.32
Villa Corregidora	1810	52.61	20.10	95.29
Querétaro	1870	52.90	18.10	92.20
Cadereyta de Montes	2032	45.40	16.80	80.23
Colón	1950	48.25	16.70	73.42
El Vigil-Huimilpan	2000	71.04	16.40	80.25
Tolimán	1700	37.09	21.20	69.77
San Joaquín	2200	95.07	21.00	118.05
Tequisquiapan	1940	51.42	17.40	85.43
Peñamiller	1400	50.95	21.90	86.82
Ahuacatlán-Pinal de Amoles	850	99.27	22.30	119.12
Jalpan	754	84.72	22.80	104.21
Landa de Matamoros	700	80.00	27.00	107.21
Arrollo Seco	1600	75.00	22.00	98.31

FUENTE: DETENAL, FAVREC, INAH, SAHOP (12)

CEPES, IEPES (8)

En el CUADRO III :

- A: Altura del lugar en metros sobre el nivel del mar.  
 B: Precipitación media anual en centímetros, en la zona.  
 T: Temperatura media anual en la zona en grados centígrados.  
 E: Evaporación media anual en la zona, en centímetros.  
 \*) Todas las estaciones tienen más de 10 años de funcionamiento.

## C U A D R O I V

## EL CLIMA PREDOMINANTE EN EL ESTADO DE QUERETARO\* \*

(Según el Método de Köpen modificado para México)

ESTACION METEREOLÓGICA	CLIMA DE LA ZONA
Amealco, Tolimán, Jalpan Ahuacatlán-Pinal de Ama. Maconí-Cadareyta San Joaquín	Semihúmedo, Templado frío. Moderada deficiencia de agua en invierno y baja concentración térmica en el verano.
San Juan del Río Los Cues-Huimilpan El Vigil-Huimilpan	Semiseco, Templado cálido con pequeña demasía de agua y baja concentración térmica en verano
Chichimequillas-El Marqués El Porvenir-Huimilpan La Palma-Pedro Escobedo Villa Corregidora y Colón Querétaro y Cadareyta Tolimán y Tequisquiapan Peñamiller y Arrollo Seco Landa de Matamoros	Seco, Templado frío, nula demasía de agua en el invierno. Baja concentración térmica en el verano

FUENTE: DETENAL, FAVREC, INAH, SAHOP (12)

CEPES, IEPES (8)

Tomando en cuenta los datos de las estaciones metereológicas -- enclavadas en el Estado de Querétaro (cuadros III y IV), podemos concluir que el clima de la región es más bien seco, estepario y semiárido en su mayoría.

La población de la zona semiárida comprende un 30.38% de la población total del Estado, siendo ésta de 656,634 habitantes --- (8,39).

Los habitantes de estas regiones viven principalmente de cultivos de temporal tales como el maíz, frijol, cebada y sorgo; de la cría y explotación del ganado mayor y menor (vacuno, equino y caprino); además tienen actividades complementarias tales como el tallado de las fibras de lechuguilla y palma, la extracción de la candelilla, de la artesanía y de la búsqueda de minerales y piedras que los puedan beneficiar directamente, como el mercurio, el ópalo y el mármol, o como trabajadores de empresas mineras (8,39).

En cuanto a la vegetación, existe una gran variedad de plantas en la región árida del Estado de Querétaro, predominan las del tipo de matorral desértico micrófilo, caracterizadas por su hoja pequeña y resistencia a la sequía propia de terrenos planos. En las partes más altas predomina el matorral desértico rosetófilo, resistente a la sequía y, en ambos casos, siempre en forma abundante, las cactáceas (8,39). El Estado cuenta con un gran número de géneros de la familia Cactaceae a la que pertenecen -

las especies que estudiaremos en este trabajo; citamos algunas de las más comunes en el siguiente cuadro:

C U A D R O   V  
LA VEGETACION MAS COMUN EN EL ESTADO DE QUERETARO

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
Visnaga	Echinocactus Visnaga	Cactaceae
Cedros	Juníperos Monasperma	—
Gobernadora	Larrea Dívacizada	—
Lechuguilla	Agave Lechuguilla	—
Maguey	Agave Spp.	—
Mesquite	Prusopis Juliflora	—
Palma China	Yuca Filípera	Cactaceae
Huizache	Acacia Indú	—
Toloache	Datura Tatuca	—
Manzanilla	Anthermis Nobilis	—
Ortiga	Urtica Diocica	—
Cedrón	Lippia Citroedrona	—
Cardo Vulgar	Dipsacus Poliodrum	—
Nopales	Opuntia Spp.	Cactaceae
Organos	Echinocereus Spp.	Cactaceae
Organillos	Opuntia Spp.	Cactaceae

FUENTE: CEPES, IEPES (8)

SPP (39)

## E L X O C O N O S T L E

El Xoconostle es un fruto que desde la época precortesiana era distinguido de la tuna dulce por su sabor ácido. Los mexicanos de ésta época lo reconocían por el nombre de "NOCHTLI" de las variedades de nopal de tuna dulce a las que llamaban "NOPALLI". Así, llamaban "IXTACXOCONOCHTLI", de "IXTAC" blanco y de "XO\_COTL" fruto ácido, al nopal Xoconostle que producía fruto ácido o tuna ácida de color blanco; ésto se conserva en parte con el nombre de "Xoconostle Blanco" (11).

A través de los años y de generación en generación se transmitieron los escasos conocimientos acerca del nopal Xoconostle, siendo los más importantes los que se refieren a su empleo como saborizante del mole de olla y como una más de las "hierbas de curación", ya que lo empleaban como cataplasma caliente para algunas afecciones de la garganta y el pecho (11).

Los nopales Xoconostles tienen una gran versatilidad en cuanto a usos se refiere y han sido fuente de ingreso extra para los habitantes de las zonas en donde vegetan sus diferentes especies. Entre sus principales usos se tiene el consumo directo del fruto ácido, la elaboración de "Nopalitos" a partir de las pencas tiernas, la saborización del mole de olla y la elaboración de tuna cristalizada y pasas de tuna, todo esto a nivel casero solamente (22).

## A) CLASIFICACION BOTANICA

Se conoce como Xoconostle a la planta y al fruto de la familia de las Cactáceas que produce una baya cuyo sabor es ácido, a diferencia de otras plantas de la misma familia que dan baya con sabor dulce, distinguiéndose entre sí, al anteponer la palabra que especifique claramente lo siguiente: Nopal Xoconostle y -- Tuna Xoconostle o tuna verde (22,37).

Llamaremos en este trabajo "tuna dulce" al fruto dulce del nopal tunero vulgarmente conocido y cuyo fruto es de cáscara más gruesa y tiene mayor cantidad de semilla.

No se conocen la totalidad de las especies de éstas plantas(37) Existen infinidad de nombres vulgares que casi nunca se encuentran en la literatura y ésto hace difícil la clasificación de los Xoconostles; estos nombres vulgares generalmente pertenecen a los lugares en donde crece la planta, por lo que, una especie puede tener nombres diferentes en otras localidades. En un grupo de plantas en las que las variaciones son tan extremas, -- los nombres propuestos tan numerosos, tan escasas y fragmentarias las diferenciaciones específicas y tan difíciles de expresar las caracterizaciones, no es de sorprender que existan formas y especies que, conociéndose, no estén correctamente clasificadas (18).

El Xoconostle pertenece a la familia de las Cactáceas, género -

Opuntia y tiene en México dos subgéneros: el *Cilindropuntia*, -- cuyas plantas tienen troncos y pencas cilíndricas, y el *Platopuntia*, cuyas plantas tienen troncos oblongos y las pencas planas en forma de raqueta (36):

Para un mejor conocimiento de la planta que tratamos es necesario, primero, saber las características generales de las Cactáceas, familia a la que pertenecen todos los nopales Xoconostles.

Las Cactáceas son plantas dicotiledóneas, de tallos carnosos en forma de bola o alargados, a veces aplanados, sin hojas pero -- llenos de espinas; flores solitarias, llamativas por su forma y vivos colores; fruto en baya, como el del órgano (género Céreas) o el del ñopal o chumbera (género Opuntia), (4). Por los diferentes municipios del Estado se encuentran distribuidas, en mayor o menor grado, siendo muchas veces la flora predominante y única posibilidad de aprovechamiento del suelo en algunas zonas.

La familia de las Cactáceas es típicamente mexicana, son las -- plantas mejor adaptadas para vivir en medio seco, tienen excelentes cualidades de resistencia, subsistiendo en terrenos áridos, en donde casi constituyen la única vegetación (22).

Las plantas que pertenecen a esta familia son secas, con sus -- tejidos fuertemente endurecidos. Al caer las lluvias almacenan grandes cantidades de agua, se dilatan, entrando activamente en crecimiento, dando grandes flores de sedoso aspecto y de colores

vivos y brillantes. El fruto aparece rápidamente y pronto madura; la planta, tras un corto período de aprovisionamiento, queda en condiciones para resistir nuevamente las inclemencias del medio (4).

Las Cactáceas son plantas adaptadas para vivir en un medio con escaso contenido de agua; a esta adaptación se le llama suculen cia, por esto se llama a las Cactáceas plantas "Suculentas" y, se caracterizan por un exagerado desarrollo de los tejidos del parénquima, que permanecen distendidos y turgentes cuando hay reducción de la cantidad de agua en la célula, abajo de cierto límite, lo cual determina la conversión de polisacáridos en pen tosas que, al combinarse con sustancias nitrogenadas, forman -- compuestos con gran capacidad de hidratación (4).

Esta suculen cia en las Cactáceas les permite:

- a).-Reducir la superficie de evaporación, al adquirir formas -- globosas los tallos y escamosas o cilíndricas para las ho-- jas, llegando incluso a no tenerlas.
- b).-Impedir evaporación de agua en los tejidos, por el aumento en espesor de la cutícula y de la membrana de células epidér micas, por la formación de capas cerosas y el endurecimiento de los estomas, así como el desarrollo de excrecencias pilo sas (espinas).
- c).-Favorecer la retención de agua, por la elaboración de mucí-- lagos y otros productos higroscópicos, por la diferencia --

ción de parénquimas acuíferas, tanto en el tallo como en la raíz.

- d).-Aumentar o reducir en volumen la absorción de agua al formar en la raíz un sistema especial de absorción en la época de lluvias.
- e).-Desarrollar una parénquima en el tallo debido a la falta de hojas en éstas plantas.

Aunque la familia Cactaceae comprende unos 125 géneros y más de 2000 especies (36), nos concretaremos a estudiar el género *Opuntia*, unos de los 61 representados en México, y, en el que se encuentran comprendidas todas las especies de nopales *Xoconostles* conocidos hasta ahora (37).

## B) DESCRIPCION

Los nopales *Xoconostles* se caracterizan por:

- 1.-Presencia de aréolas (pequeñas áreas de donde salen las espinas), aguates retribarbilados, pelos y flores en el tallo.
- 2.-Tallós suculentos con corteza verde (38).
- 3.-Ausencia de hojas típicas, pero con folíolos carnosos, verdosos, subulados, azeznados y caducos en artículos jóvenes (4).
- 4.-Poco desarrollo de las ramas laterales (38).
- 5.-Las espinas son hojas modificadas adaptadas a diversas funciones (4):

- A).-Protección contra ataques de animales.
- B).-Protección contra temperaturas extremas ocultando la superficie del tallo.
- C).-Condensación en su superficie, durante la noche, del vapor de agua de la atmósfera, luego absorbida por las raíces superficiales, y
- D).-Secresión de miel, actuando como nectarios extraflorales.

A diferencia de la tuna dulce, da un fruto cuyo pericarpio es más grueso y carnoso; su sabor es pronunciadamente ácido. Tiene un color externo que puede ser verde o colorado; el color interior de la tuna Xoconostle puede ser verde claro, verde claro rojizo o rojizo solamente, nunca intenso (18,22,37).

Las semillas están concentradas en la parte central del fruto, siempre en menor número que en la tuna dulce, por lo general -- más pequeñas y de color más oscuro(22). La cutícula de la tuna Xoconostle es lisa y llana siempre, a excepción de la fruta del cacto-caña Xoconostle *Opuntia Imbricata* que tiene el sabor ácido característico de los Xoconostles, pero tiene más semilla, - su pericarpio es menos grueso y la fruta es más pequeña que la del nopal Xoconostle del Subgénero *Platopuntia* (18,22,37).

En las Cactáceas se han encontrado especies que por las características específicas del fruto, se pueden clasificar como Nopales Xoconostles. Hasta ahora se han encontrado las siguientes -

especies: Op. Chaveña, Op. Clanela, Op. Leucotricha, Op. Imbricata, Op. Heliabravoana, Op. Lucens, Op. Matudae, Op. Oligacantha, Op. Guilanchi, Op. Spinulifera y Op. Chata (4,18, 36,37,-38).

### C) COMPOSICION QUIMICA

El valor de los nopales Xoconostles, planta y fruto, como alimento para ganado (las pencas) y para el hombre (pencas tiernas y frutos) ha sido puesto de manifiesto de manera indirecta por los diversos estudios que se han hecho tratando de encontrar alguna utilidad a los nopales en general, ya sea como plantas forrajeras (5,18,26,44) y, últimamente, para la elaboración de algunos productos alimenticios como: el queso de tuna, el colonche (7,9,23,30,35) y estudios experimentales para obtener proteína (2), colorantes (6,9), alcohol (25) y biomasa (28).

La composición química de los nopales Xoconostles puesta de manifiesto en los estudios realizados por algunos autores (5,9,18,19,22,23,32,40,43), arrojan los siguientes datos; todos en porcentaje de peso, base húmeda:

#### AGUA

La cantidad de agua en los Xoconostles sobrepasa comúnmente el 85% en peso (2,5,30). Los frutos contienen más agua que los tallos y pencas, así como los crecimientos jóvenes más que los-

viejos (5). El contenido de agua varía con la precipitación -- pluvial registrada en la zona en años anteriores; a mayor pre-- cipitación mayor contenido de agua en la planta. La mayor o -- menor succulencia de los nopales afecta también el contenido de agua (18).

### CENIZAS

El contenido de cenizas en los tallos sobrepasa el 2% y en los frutos es mayor de 1% (2,5,18,30). La mayor parte de las cenizas de los frutos se encuentra en la parte pulposa (5,18), a diferencia de la tuna dulce que presenta la mayor parte de las cenizas en la cáscara y semillas (2,9). El bajo contenido de cenizas en las semillas se debe, sin duda, al bajo contenido de cenizas de todo el fruto.

Los elementos de las cenizas están presentes quizás en la misma proporción que en las cenizas de otras plantas, con excepción de Potasio, Magnesio y Calcio, que se encuentran en cantidades inusitadamente elevadas debido al hecho de que en la mayoría de los suelos de las regiones áridas y semiáridas abundan sales de estos elementos (18). En algunas de las cenizas de nopales estudiados, el magnesio está presente en cantidades poco comunes, existiendo en tal cantidad en algunas, que es -- suficiente para impartir un caracterfstico color verde a las -- cenizas (5,18,19).

### PROTEINAS

El contenido promedio de proteína cruda de los nopales Xoconostles es menor del 2.5% (5,9,18,30,32,40) Los frutos generalmente contienen más proteína que los tallos (5,18,32,40). En el fruto las semillas contienen la mayor parte de las proteínas - (5,9,18,30,32,40).

### LIPIDOS

Los lípidos en los nopales Xoconostles no llegan al 1%, expresados como porcentaje de grasa cruda. La mayor parte de ellos se encuentra en los frutos y de ellos son las semillas las más ricas (5,9,18,30,32,40).

### AZUCARES

La cantidad de glúcidos en los nopales Xoconostles no llegan a al 10%. Los frutos son los más favorecidos y en ellos la pulpa es la más rica (5,9,18,30,32,40).

### FIBRA CRUDA

Puede llegar a constituir hasta el 5%. Los tallos presentan ligeramente más fibra cruda que los frutos, las semillas son las que presentan el mayor porcentaje de fibra cruda en ellos (5,9,18,30,32,40).

### EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO (E.L.N.)

Es muy variable pues, en ocasiones, alcanza el 15% (5,18,40), pero comúnmente constituye del 3 al 9%. En los tallos la cantidad de E.L.N. es similar a la cantidad que contienen los frutos,

y de éstos, las semillas son las más ricas (5,9,18,30,32,40).

#### MATERIA ORGANICA

Varía del 6 al 15% y es mayor en los frutos que en los tallos. Las semillas contienen la mayor parte de la materia orgánica - del fruto (5,18,40).

Presentamos en los cuadros VI y VII el análisis químico que reportan Griffiths y Hare para el nopal Xoconostle, así como - el análisis de las cenizas que reportan los mismos autores (18).

#### C U A D R O V I

##### ANALISIS BROMATOLOGICO PARA EL NOPAL XOCONOSTLE (Op. Spp.)

COMPOSICION	PENCAS %	FRUTOS %
Espinas (aguates)	0.45	—
Agua	88.12	91.00
Cenizas	2.48	1.40
Proteína cruda	1.50	1.56
Grasa cruda	0.17	0.20
É.L.N.	6.37	4.97
Fibra cruda	1.36	0.98
Materia orgánica	9.40	7.71

FUENTE: Griffiths y Hare (18).

## C U A D R O V I I

ANALISIS DE LAS CENIZAS DEL NOPAL XOCONOSTLE (Op.Spp.)

COMPOSICION	PENCAS %	FRUTOS %
Carbono	0.19	0.28
Arena (Sílice insol)	2.05	1.51
*Sílice soluble, $SiO_2$	1.55	1.14
*Fierro, Fe	0.15	0.20
*Aluminio, Al	0.26	0.19
*Manganeso, Mn	0.16	0.04
*Calcio, Ca	27.49	30.10
*Magnesio, Mg	3.30	2.70
*Potasio, K	11.20	10.10
*Sodio, Na	0.29	0.53
*Acido Fosfórico, Rad. $PO_4^=$	0.33	0.29
*Acido Sulfúrico, Rad. $SO_4^=$	1.45	0.41
*Cloro, $Cl^-$	0.53	0.63
*Acido Carbónico, Rad. $CO_3^=$	53.40	50.25

FUENTE: Griffiths y Hare (18).

(\*) En por ciento de cenizas puras.

## D) COMPOSICION COMPARATIVA DE LAS DIFERENTES PARTES DEL FRUTO

Los análisis efectuados por diversos autores (5,9,18,32,40),-- demuestran que los frutos de los nopales Xoconostles contienen

más grasas y proteínas que los tallos, pero si separan las semillas y se analizan, resulta que éstas contienen la mayor parte de las sustancias alimenticias de todo el fruto, según se puede observar en el cuadro VIII :

C U A D R O V I I I

COMPOSICION QUIMICA DE LAS DIFERENTES PARTES DEL FRUTO

COMPOSICION	SEMILLAS %	PULPA %
AGUA	7.26	92.30
Cenizas	1.75	2.09
Proteína cruda	6.07	0.40
Grasa cruda	11.41	0.07
E.L.N.	23.18	4.63
Fibra cruda	50.33	0.51
Materia Orgánica	90.99	5.61

FUENTE: Griffiths y Hare (18).

En el cuadro IX se encuentra la composición química de una tuna dulce, la Opuntia Streptacantha o Tuna Cardona, se observará que el porcentaje de pulpa en la tuna Xoconostle es mayor al que se obtiene para una tuna dulce, además, la gran cantidad de semillas en ésta última nos indican que se tiene man-

por cantidad de nutrientes por unidad de fruto en la tuna Xo--  
conostle.

La tuna dulce presenta un contenido de Vitamina C de 23.90 miligramos por 100 gramos de pulpa de ésta tuna, Opuntia Strepta\_  
cantha o tuna Cardona.

C U A D R O I X

ANALISIS BROMATOLOGICO PARA UNA TUNA DULCE CARDONA  
LA OPUNTIA STREPTACANTHA

COMPOSICION %	TUNA ENTERA	CASCARA 32.4 %	PULPA 62.5 %	SEMILLA 5.1 %
Agua	85.00	88.70	87.0	3.6
Protefna cruda	0.82	0.43	0.5	9.3
Grasa cruda	0.58	0.22	0.5	13.1
Cenizas	0.99	1.60	0.1	1.6
E.L.N.	8.78	7.80	11.5	13.0
Fibra Cruda	3.53	1.41	0.2	59.3
Materia orgánica	13.71	9.86	12.7	94.7

FUENTE: Colfn (9).

## E) COMPOSICION QUIMICA DE LOS SUBGENEROS:

## PLATOPUNTIA Y CILINDROPUNTIA

La comparación entre la composición promedio de los diferentes frutos de los Xoconostles de penca cilíndrica (Cilindropuntia) y de los de penca plana (Platopuntia), muestra que los primeros son más valiosos como alimento ya que contienen mayor proporción de proteínas, grasas y E.L.N., que los nopales Xoconostles de penca plana (11,40), según lo muestra el cuadro X.

## C U A D R O X

COMPOSICION QUIMICA DE LOS NOPALES DE LOS SUBGENEROS  
CILINDROPUNTIA Y PLATOPUNTIA\*

COMPOSICION	PLATOPUNTIAS %	CILINDROPUNTIAS %
Agua	83.24	77.47
Cenizas	3.03	3.61
Proteína cruda	1.73	2.41
Grasa cruda	0.34	0.63
E.L.N.	8.95	12.30
Fibra cruda	2.38	3.59
Materia Orgánica	13.54	18.93

FUENTE: Griffiths y Hare (18)

(\*) La muestra incluye pencas y frutos.

Pero ésto es solo relativo ya que los Xoconostles de penca --- cilíndrica o caçtos caña, por regla general, se secan más rápi-  
damente y entonces su contenido fibroso aumenta(18), lo que --  
los hace menos apropiados en la práctica para el uso en las --  
conservas alimenticias.

#### F) EL CULTIVO DE LOS XOCONOSTLES

Los parámetros de cultivo de los nopales Xoconostles son muy -  
semejantes a los de los nopales de tuna dulce. No sabemos que-  
exista en todo el Territorio Nacional una sola hectárea de te-  
rreno dedicado a la experimentación oficial del cultivo del --  
nopal Xoconostle. Los parámetros de cultivo, de ésta planta, --  
que mencionaremos aquí fueron establecidos por el Ing. Agróno-  
mo Mario Lozano (23,24) y en un estudio anterior sobre las ca-  
racterísticas de las muestras tomadas en las diferentes regio-  
nes áridas y semiáridas del país de los diferentes viveros e -  
Invernaderos particulares, y en el Jardín Botánico Exterior de -  
la Universidad Nacional Autónoma de México.

El nopal Xoconostle se desarrolla bien en climas áridos y semi-  
áridos con precipitaciones por arriba de los 200 mm (18) y me-  
jor si éstas son en verano. Se ha reportado desarrollo de No-  
pal Xoconostle en suelos con precipitación de 125 mm. Aún cuan-  
do muy resistente a condiciones desérticas, si la sequía total

de vehículos y se alinean las plantas según las curvas de nivel, la dirección del viento o perpendiculares a la trayectoria del sol.

En los terrenos sin preparación se procede a insertar las pencas en las oquedades u orificios del terreno pedregoso, o bien, se hacen pequeños orificios con el azadón y cubriendo las pencas a sus dos terceras partes.

Se puede hacer plantación con implementos mecánicos; con arado que abra hoyos no muy profundos, se deposita a intervalos la penca y se cubre con el arado otra vez.

Se deben evitar los cultivos asociados, pues roban nutrientes al nopal; las podas sólo se harán cuando la expansión vegetativa sea excesiva ya que esto hará descender la cantidad de fruto. Las podas que sean necesarias se harán en invierno y nada más de las pencas que han dado fruto el año anterior ya que es más grande el fruto en las pencas de dos años. (18).

Cuando la producción del fruto sea excesiva será mejor arralar el nopal para evitar desmejorar la calidad del fruto.

Los injertos se harán solamente para mejorar la calidad del fruto, para mejorar la producción y evitar al mismo tiempo plagas indeseables; injertando con variedades o especies más resistentes. No existe nada hecho sobre injertos en nopales Xoconostles.

## LA CONSERVACION DE ALIMENTOS POR AZUCARADO

La conservación de alimentos como concentrados de azúcares es una forma común de preservación de alimentos. Un alimento concentrado en proporción de 65% o más de sólidos solubles y con una alta acidez puede preservarse por tratamientos térmicos -- más suaves pero en ausencia de  $O_2$ . Si elevamos la concentra-- ción de sólidos a un 70%, las condiciones ácidas pueden ser -- menos severas. Esta tecnología se emplea generalmente en la -- conservación de frutas en forma de conservas, de jaleas, de -- ates, mermeladas, confites, etc. Esencialmente la conservación de frutas se hace por este método, pues se basa en el princi-- pio de alta azúcar--alta acidez. El Xoconostle como cualquier fruta, puede conservarse por éste método de preservación de -- alimentos y en este trabajo buscaremos los parámetros necesa-- rios para hacerlo.

Los productos conservados en ésta forma son concentrados prime ro mediante una evaporación a la cual sigue la adición de azú-- car en gran cantidad, hasta un punto en el cual no puede haber desarrollo microbiano. El producto puede envasarse y cerrarse sin un llenado hermético, sin embargo, es recomendable el cie-- rre hermético para evitar el desarrollo de mohos.

En algunos casos se elabora una entretapa de parafina, la cual ha sido reemplazada por el cierre al vacío

Entre los productos obtenidos por éstos procesos se tienen: -- las frutas en Almíbar, las jaleas, las mermeladas, los ates y frutas cristalizadas. Estos productos difieren en cuanto a la concentración de sólidos solubles ,principalmente, además de otros parámetros como la concentración ó proporción de fruta usada y la forma en que ésta se encuentra.

Las frutas en almíbar son frutas enteras o en mitades que se conservan en una solución de azúcar en agua, llamada almíbar o jarabe. La concentración de azúcar en el jarabe puede variar desde 45°Bx hasta 54°Bx. Los jarabes con menor contenido de -- azúcar se utilizan para frutos con escasa riqueza en azúcares y que no sean delicados en textura y color, como las peras, -- manzanas, perones y duraznos. Los jarabes con mayor contenido de azúcar deben usarse en frutas ácidas y en aquellas donde -- sea necesario ayudar a preservar el sabor, el color y la textura de la fruta (27).

Las jaleas se consideran productos semisólidos elaborados con 45% en peso de frutas y 55% en peso de azúcar. La solución es concentrada hasta un 65% de sólidos solubles o más. En éstos -- productos se utiliza el jugo de la fruta principalmente, y se les puede adicionar colorantes, saborizantes, pectinas, ácido -- cítrico, ácido ascórbico, etc.

Las mermeladas están elaboradas a partir de frutas enteras, en trozos o bien en forma de pulpa; adicionados con pectina, saborizantes, ácido cítrico y/o ascórbico y ajustados a un porcentaje de sólidos solubles entre 68 y 70°Bx.

Los ates son productos semisólidos y molidos, preparados con una mezcla de 5 partes de fruta por 2 partes de azúcar; adicionados con pectina, saborizantes, colorantes, ácido cítrico y/o ascórbico y ajustados a un porcentaje de sólidos solubles entre 75 y 80°Bx.

Las frutas cristalizadas se preparan con frutas enteras o en trozos que se someten a baños con jarabes muy espesos hasta lograr una apariencia congelada o cristalizada en el exterior, es decir, son fruta o trozos de fruta recubierta con azúcar en forma de finos cristales (43).

## LA PECTINA Y LA FORMACION DE GEL

Los tejidos vegetales de las frutas empleadas en la elaboración de mermeladas, jaleas y ates contienen ácido péctico (fig. 1), protopectinas y otros compuestos celulosopécticos que se comportan como coloides reversibles y son muy importantes en la formación de geles en tales productos de frutas. La hemicelulosa presente en los tejidos vegetales es la precursora de éstas sustancias (31,33).

La pectosa o protopectina es una sustancia insoluble precursora de la pectina. Es abundante en las hojas, frutas y raíces pulposas y, por una hidrólisis enzimática durante la maduración de las frutas, se convierte en pectina. Después de la maduración esta sustancia se descompone formando alcohol metílico y ácido péctico insoluble.

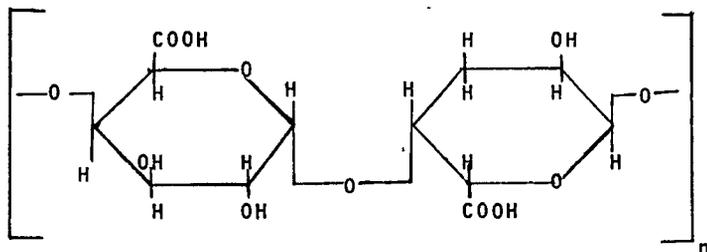


FIGURA 1

ACIDO PECTICO: Polímero natural formado por moléculas de ácido galacturónico con sus grupos carboxilos libres (20).

Se define a la pectina como los ácidos pécticos solubles en -- agua con contenido de éster metílico y grado de neutralización variable, capaces de formar geles con ácido y azúcar en condiciones apropiadas. El ácido poligalacturónico (figura 2) está constituido por el ácido anhidrogalacturónico, el cual, forma el esqueleto básico de las sustancias pécticas, así, la hidrólisis de la pectina con álcalis da lugar a alcohol metílico y ácido galacturónico (33,34).

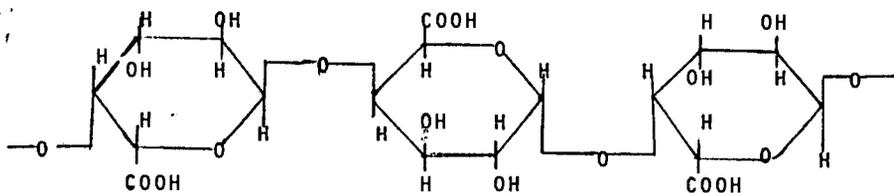


FIGURA 2

Fórmula del ácido poligalacturónico de la pectina mostrando tres unidades de la molécula (21).

En un sustrato ácido de frutas, la pectina se encuentra cargada negativamente, al adicionar el azúcar se afecta el equilibrio pectina-agua y se desestabiliza la pectina, ésta se conglomerada formando una malla fibrosa cuya estructura es capaz de soportar líquidos (33).

La uniformidad de la malla formada por la pectina y la densidad de las fibras formadas se establece de acuerdo a la concentra-

ción de la pectina. A mayor concentración mayor densidad de las fibras en la estructura. La rigidez de la malla dependerá de la concentración de azúcar; a mayor concentración de azúcar menor cantidad de agua es soportada por la estructura de la malla, la cual, tiene una flexibilidad que está en función de la acidez del sustrato; si ésta es elevada la malla será demasiado flexible en el gel o bien puede haber destrucción de la estructura por hidrólisis de la pectina (33). La baja acidez también da origen a fibras sumamente débiles incapaces de englobar al líquido provocando el rompimiento del gel.

La formación del gel en mermeladas ocurre solamente en un rango muy pequeño de valores de pH, los cuales, se encuentran entre 3.0 y 3.3, a valores menores la resistencia del gel disminuye y a valores mayores no llega a formarse el gel debido al rango usual de sólidos solubles (33).

El rango óptimo de sólidos solubles se encuentra arriba de los 65<sup>o</sup>Bx, sin embargo, a 60<sup>o</sup>Bx es posible obtener el gel aumentando la concentración de pectina. Si se tiene un exceso de sólidos se pueden presentar características viscosas (33).

La cantidad de pectina requerida para la formación del gel dependerá de la calidad de la misma. Químicamente la calidad de la pectina se refiere al contenido de grupos éster (grupos metoxyl  $\text{CH}_3\text{O}$ ) en la molécula del ácido péctico (fig. 3), a la cantidad de arabanos (anhídridos de arabinosa) en la molécula

la del ácido galacturónico y al tamaño de la molécula así formada. A mayor grado de esterificación, mayor la cantidad de -- arabanos, a mayor tamaño de la molécula, será mayor la facili-  
dad de la pectina para formar gel en condiciones apropiadas --  
(21,33,34).

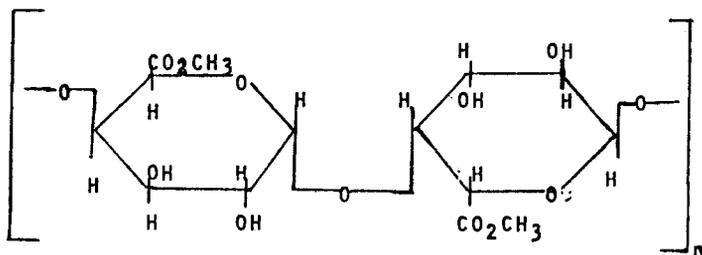


FIGURA 3

PECTINA: Polímero natural formado por moléculas de galacturónico ( con sus grupos carboxílicos esteri-  
ficados con metanol), estando unidas por enlaces -  
1,4-glucosídicos (17).

Normalmente la pectina purificada, en polvo o en suspensión, -  
es empleada en concentración muy baja. Las propiedades que de-  
terminan la formación del gel en la pectina se expresan en gra-  
dos y cada grado representa el peso de azúcar necesario ( en -  
libras ) para que una libra de pectina gelifique en una jalea-  
en condiciones estándar ( $68.5^{\circ}\text{Bx}$  y un pH de 3,3) (40,33).

Algunas frutas no requieren la adición de pectina y otras re-  
quieren una adición extra de pectina, la cual dependerá de ---

diversos factores como: calidad y cantidad de pectina, contenido de sólidos solubles de la fruta y del tipo de fórmula empleada en la elaboración de la mermelada, jalea o ate (31,32). En el cuadro XII se proporciona el contenido de pectina, la acidez cítrica y el pH de algunas frutas empleadas comúnmente en la elaboración de conservas azucaradas.

La adición de pectina es justificable ya que la pectina derivada de las frutas, además presenta un valor nutritivo, estimula la salivación y ayuda a los movimientos peristálticos del intestino. Técnicamente se reduce el tiempo de cocción ayudando, así, a conservar las sustancias volátiles e impidiendo la excesiva inversión de azúcar (33).

Cuando se parte de una materia prima que produce una baja acidez, esta deberá ser controlada por la adición de ácidos, generalmente cítrico, tartárico, fosfórico ó láctico; la cantidad que se ha de utilizar es de 0.1 a 0.2% del peso total (33). Estos aditivos al ajustar y controlar el pH también realzan el sabor característico a fruta del producto y ejercen cierta acción preservativa. Con excepción del ácido fosfórico y el Láctico, todos los ácidos empleados en éstos productos son importantes ácidos naturales de la fruta y el ácido cítrico es el que más se usa (31).

El ácido cítrico empleado es el ácido 2-hidroxi-1,2,3-propano-

C U A D R O   X I I  
 PECTINA, ACIDEZ CITRICA Y pH DE FRUTAS

FRUTAS	% PECTINA	% ACIDEZ	pH
Tomates	0.2 - 0.5	0.44	4.0 - 4.4
Fresas	0.6 - 0.7	0.93	3.2 - 3.7
Duraznos	0.3 - 1.2	0.90	3.4 - 3.6
Uvas	0.2 - 1.0	0.94	3.4 - 3.6
Manzanas	0.3 - 1.6	1.11	2.9 - 4.1
Peras	0.5 - 0.8	1.15	3.7 - 4.3
Toronjas	1.0 - 4.5	1.30	3.0 - 3.4
Plátanos	0.7 - 1.2	0.25	4.8 - 6.5
Limonos	1.0 - 4.0	4.90	2.2 - 2.5
Tuna dulce	0.4 - 3.3	0.33	4.7 - 5.1
Naranjas	1.1 - 2.5	1.40	2.7 - 3.5
Ciruelas	0.8 - 1.1	1.84	3.1 - 3.5
Cerezas	0.2 - 0.4	0.88	2.6 - 4.0
Frambuesas	0.4 - 0.8	1.73	2.9 - 3.4
Zarzamora	0.5 - 1.1	0.85	2.9 - 3.3
Mandarina	1.0 - 1.2	1.50	2.5 - 3.8
Membrillo	1.2 - 3.0	3.82	3.0 - 3.4

FUENTE: Varios autores (1,15,20,21,29,31,32,33,41)

tricarboxílico o ácido -hidroxitricarboxílico:  $\text{HOOCCH}_2\text{C(OH)-}$   
 $(\text{COOH})\text{CH}_2\text{COOH}$ . Se presenta en forma de cristales incoloros, -  
 traslúcidos, polvo fino o granular, blanco, inodoro y con un-  
 sabor ácido agradable. Su buen sabor y la facilidad con que es  
 asimilado favorecen su utilización como ingrediente ácido.

Sin embargo, a menos que haya un control sanitario muy estricto  
 durante la elaboración de los productos, el pH contribuido por  
 el ácido, aún en combinación con los jugos de las frutas ácidas,  
 no es suficiente para asegurar la estabilidad microbiana-  
 prolongada. Por ésta razón, puede haber necesidad de un conserva-  
 dor adicional y éste suele ser el benzoato de sodio al nivel-  
 de 0.03 a 0.05% en el producto final. En los productos ácidos,  
 el benzoato de sodio se convierte en ácido benzóico que es la-  
 forma que conserva más efectivamente.

Cuando existe excesiva acidez en la materia prima se deberán -  
 emplear sales como el sulfato de sodio, el bicarbonato de sodi-  
 o, etc. Sin embargo, deberán emplearse en forma moderada ---  
 pues su exceso afecta las propiedades de sedimentación de la -  
 pectina y también destruye el ácido ascórbico (33).

El ácido ascórbico tiene utilidad en la fabricación de mermelada-  
 s, jaleas y ates, como antioxidante para impedir el oscurecimi-  
 ento y los malos sabores; además, de fortificar los sabores.  
 Se utiliza el ácido 1-xiloascórbico, vitamina antiescorbútica,  
 ácido hexurónico, ascorbutamina, redoxón ó vitamina C. Se pre-

senta en forma de cristales blancos, fácilmente solubles en -- agua y de sabor característico agradable. Su precio es elevado por lo que sólo se utiliza en productos de excelente calidad.

### LA INVERSION Y CRISTALIZACION DE LA SACAROSA

La mayoría de los productos conservados en azúcar o por azucarado, contienen una elevada proporción de ésta; la forma de adicionarse, su tratamiento durante la cocción, son factores que afectan el producto final.

La sacarosa normalmente usada durante el proceso, en la ebullición y en presencia de ácido puede hidrolizarse dando origen a la inversión de sus azúcares mediante una reduccción. La velocidad de la inversión dependerá de la temperatura del proceso, - del tiempo de calentamiento y del pH de la mezcla (33). Durante el proceso de la inversión, una molécula de agua es incorporada en los azúcares, por lo que 95 partes de sacarosa dan origen a 100 partes de azúcar invertido. Este azúcar invertido retarda o impide la cristalización de la sacarosa, por lo tanto es esencial para la conservación de mermeladas, ates o jaleas. En éstos productos es necesario mantener un equilibrio entre las concentraciones de azúcar invertido y sacarosa, pues una baja inversión provoca la cristalización del azúcar y una elevada inversión produce la granulación de la dextrosa; gener

ralmente la relación de azúcar invertido a sacarosa es de --- 30:70 pero teniendo en cuenta que la acidez de la fruta varía y las condiciones de temperatura también varían es difícil man tener dicha relación.

Cuando se concentra a vacío existe poca inversión de sacarosa-  
teniéndose que agregar azúcar invertido el cual se elabora in-  
dustrialmente por hidrólisis enzimática ó ácida de la sacarosa.  
Cuando la hidrólisis es enzimática se utiliza la invertasa.

El azúcar puede adicionarse, en la elaboración de mermeladas, -  
ates o jaleas, en forma sólida o bién en forma de jarabe; es -  
recomendable hacerlo en la segunda forma. La filtración del ja-  
rabe elimina impurezas y el color y la estabilidad del produco-  
to son mejores.. Aunque la adición del azúcar en forma sólida-  
cause un ligero quemado, éste proporciona un sabor agradable -  
que es preferido por un gran número de consumidores. El azúcar-  
puede ser de caña o remolacha, sacarosa en cristales blancos, -  
refinado y con un límite de humedad de 0.1%, con un pH prefe-  
rentemente ácido pudiendo variar desde 6.0 hasta 7.2. El azú-  
car para mermelada debe tener entre 99.75 y 99.9% de polariza-  
ción directa (33).

Existe un tipo de productos conservados por azucarado cuya ca-  
racterística principal es la cubierta de cristales de sacarosa  
que poseen; son las frutas cristalizadas. En éstos productos es  
de capital importancia evitar la inversión de la sacarosa y --

estimular su cristalización, incluso con el agregado de pequeños cristales iniciadores.

Las frutas cristalizadas son elaboradas a partir de fruta fresca de maduración apenas iniciada. Esta fruta es sometida a una serie de cocimientos en jarabes de concentración creciente, se escurren y secan logrando así que queden cubiertos y abrigados por el azúcar. Posteriormente se sumerge la fruta confitada en un jarabe fuerte caliente y se deja enfriar lentamente hasta que una capa de cristales cubre la fruta, se seca y se empaqueta la fruta cristalizada.

Se requiere un tipo de fruta de sabor suave y pronunciado. Entre la fruta más comunmente conservada por éste método se tienen los limones, piñas, naranjas, camotes, higos, etc. Si la fruta es sumamente suave debe reforzarse bañándola con una solución de cal y ácido sulfúrico o bien cal y alumbre, para que el sulfato de calcio formado le de consistencia (27).

En el proceso de preparación de los jarabes para confitar y cristalizar es importante evitar cualquier condición que impida o retarde la cristalización o sea la formación de cristales de sacarosa, debiendo estimularla en lo posible. La concentración de la sacarosa, el grado de inversión en ésta, por la influencia de la acidez y las altas temperaturas de cocción, así como la presencia de otros azúcares (glucosa, dextrosa o mieles) son factores a controlar cuidadosamente para lograr productos cristalizados de excelente calidad (33).

La concentración de sacarosa en los jarabes para cristalizar debe ser tal que el jarabe tenga un porcentaje de sólidos solubles estimado en  $78 - 85^{\circ}\text{Bx}$  (27). La inversión de la sacarosa deberá ser mínima, se evitará usar glucosa y dextrosa, así como cualquier tipo de mieles en la preparación de éstos jarabes. La agitación del jarabe sólo será la indispensable para disolver el azúcar.

Es posible agregar cristales pequeños de sacarosa que estimulen la formación de núcleos de cristalización. La adición de éstos pequeños cristales iniciadores deberá efectuarse durante el enfriamiento del jarabe.

## LA PRESERVACION EN SALMUERA

El grupo de alimentos muy ácidos, en donde se encuentra la tuna Xoconostle, incluye a todos los alimentos con pH entre 2.3 y 3.7 . En este grupo nunca se desarrolla el Clostridium Botulinum, debido al pH, por lo cual para conservar estos productos sólo basta una pasteurización a 212<sup>o</sup>f (100<sup>o</sup>C).

La conservación en salmuera es un valioso procedimiento para la preservación de hortalizas y frutas en forma natural. La salmuera empleada es éste método de conservación puede ser débil (5% o menos de sal) o fuerte (15% o más de sal) (17).

La salmuera débil conserva mejor el sabor de las hortalizas y frutas y el ligero sabor a sal desaparece enjuagándolas con agua antes de usarlas. La salmuera fuerte resulta muy útil para preservar grandes cantidades de hortalizas destinadas a ser encurtidas después; las hortalizas así preservadas son muy saladas y hay que ponerlas en remojo antes de usarlas.

La salmuera es una solución de sal y azúcar en agua, que ayuda a preservar y realzar el sabor característico de los vegetales además, es un factor importante en la transmisión de calor durante la esterilización. La sal empleada en la preparación de salmuera deberá ser refinada, con un 98.99% de cloruro de so -

dio (NaCl). Se expende en forma de cristales blancos, transparentes y se presenta en gránulos de 0.5 a 2.5 mm., debe ser de color blanco puro y estar cristalizada sin exhibir sustancias extrañas, sin productos nocivos para la salud y con puro sabor salado (27).

El azúcar que se utiliza para preparar salmueras debe observar las características descritas para su uso en conservación por azucarado.

## LAS OPERACIONES COMUNES EN LA PRESERVACION

Entre las operaciones comunes en la preservación de alimentos tenemos:

- 1.- La Cosecha.
- 2.- Recepción y Selección.
- 3.- Lavado.
- 4.- Descascarado o mondado y descorazonado.
- 5.- Blanqueo o Escaldado y Reforzado.
- 6.- Llenado de lata o frasco.
- 7.- Aplicación de vacío.
- 8.- Sellado o Engargolado.
- 9.- Procesamiento.
- 10.- Enfriamiento.
- 11.- Etiquetado y almacenamiento.

1.- LA COSECHA.- Depende de la fruta en particular, en el caso de la tuna destinada a la elaboración de conserva debe cortarse sin lastimarla usando guante en la mano izquierda y cuchillo en la derecha; haciendo el corte precisamente en la inserción de la tuna con la penca y depositándola sin golpearla. EL desespinado o deshuatado más recomendable es a máquina (Defuzzer), esta máquina consiste en una banda vibradora que transporta la --

fruta, ésta es barrida con unos rodillós de pelo o cerda (44). También se obtiene un deshuetado aceptable uniendo dos arpilleras y estendiendo sobre ellas las tunas, se agitan sin brusquedad las arpilleras de modo que las tunas rueden y se froten unas con otras y contra la arpillera. La recolección y el transporte se hace en cajas de madera (22), aunque se puede hacer a granel, caso no recomendable.

2.- RECEPCION Y SELECCION.- La recepción se hace en cajas y se procede a seleccionar la fruta por tamaño, color, grado de madurez y estado de conservación. Estas variables determinarán el uso posterior que se dará a la fruta recién recibida. Los estudios hechos por Lozano (22) indican que un camión de tuna dulce en buenas condiciones después del transporte y con una temperatura de hasta 35°C, puede permanecer inmutamente hasta 6 días.

3.- LAVADO.- Se efectúa con agua potable a chorro, sobre bandas. En la limpieza de fruta se pueden emplear rodillos de pelo o cerda para hacerla más eficiente, éstos barren la fruta sobre las bandas de lavado (22). Puede ser usada la lavadora de tipo rotatoria (31).

4.- DESCASCARADO O MONDADO.- El pericarpio de la tuna Xoconostle, o sea la cutícula que lleva los ahuates o espinillas, es muy difícil desprender a mano aún cuando la tuna está madura. Lozano (23) encontró que una obrera en una jornada de 8 horas no puede pelar arriba de 500 tunas dulces y nos indica la exis-

tencia de una máquina desarrollada y perfeccionada para separar la cáscara de la tuna dulce. Es posible que ésta máquina pueda adaptarse para separar la cáscara de la tuna Xoconostle que es más delgada que la cáscara de tuna dulce. También es posible -- que la cáscara de la tuna Xoconostle pueda eliminarse sumergiéndola en una solución alcalina caliente o con chorros de vapor a presión.

DESCORAZONADO.- La eliminación de las semillas en la tuna Xoconostle se hace con un sacabocado común. Las semillas no se pueden masticar, y son totalmente indigeribles (31); las semillas se eliminarán cortando primero los extremos de la tuna e introduciendo por el extremo opuesto al pedúnculo el sacabocado, se gira éste en el interior del fruto para desprender las semillas y se extraen luego. Es posible que la máquina que se utiliza para deshuesar el durazno pueda emplearse para eliminar las semillas de la tuna Xoconostle efectuando algunas modificaciones.

5.- BLANQUEO O ESCALDADO.- Consiste en sumergir las frutas en bastante agua, generalmente hirviendo, durante poco tiempo y, acto contínuo, un instante en agua fría. Tiene por objeto suavizar, por medio de la cocción, los tejidos de la fruta; eliminar parte del agua de vegetación, para ponerla en condiciones de facilitar la absorción del azúcar; blanquea y aumenta la esterilidad; inactiva enzimas como la catalaza y la peroxidasa (31).- El tiempo de escaldado depende del estado en que se encuentre -

la fruta; frutas muy maduras requieren menor tiempo de escalda-do. Esta óperación se puede llevar a cabo directamente en un ja-rase de azúcar o en salmuera, en cuyo caso, se suprime el re-frescado en agua simple (27).

REFORZADO.- El escalde no es indispensable, pues se suprime -- cuando la fruta está muy blanda, sea por la calidad de su teji-do o por su madurez, haciéndose a veces necesario suprimirlo y reforzar su consistencia. Se utilizan soluciones saturadas de cal apagada donde permanecen sumergidas media hora, las frutas -- después se vierten en una solución hirviente de alumbre o áci-do sulfúrico muy diluído; así, la cal retenida por la fruta se -- transforma en sulfato de calcio, proporcionando a la fruta más -- consistencia, después se enjuagan muy bién con agua los restos -- de cal pues pueden formar precipitados en el jarabe o salmuera.

6.- LLENADO DE LATA O FRASCO.- A mano o con máquina según el -- tipo de producto. La fruta entera debe quedar de tal forma que -- no admita movimiento alguno, cualquiera que sea la posición del -- envase, es decir, que estén apretados ligeramente; tanto en el -- caso de mermeladas o jaleas como de fruta entera en jarabe o -- salmuera el llenado se practica en caliente con temperaturas no -- menores de 82°C (33). Los líquidos de llenado deben cubrir siem-pre la fruta; la altura de llenado debe ser tal que deje un es-pacio entre tapa y producto de 0.5 a 2 cm (27), no debe quedar -- aire ocluído en el producto.

7.- APLICACION DE VACIO.- El objeto del vacío es impedir el crecimiento de hongos y levaduras así como el de aerobios termofílicos o termodúricos, los cuales generalmente resisten el procesamiento y pueden producir la descomposición del producto, la alteración del pH y dar la posibilidad de desarrollo al clostridium Botulinum si el proceso no es adecuado. Además, el vacío aumenta la facilidad de penetración del calor al envase o lata e impide el hinchamiento de latas por diferencia de presión atmosférica y la rotura del envase o su sello y, por tanto, la contaminación.

El vacío se puede lograr haciendo pasar las latas o envases sin cerrar por un túnel de vapor (exhauster) antes de taponar o por llenado en caliente y posterior taponado. Es también posible hacer vacío por extracción mecánica del aire y cerrado inmediato.

8.- SELLADO O ENGARGOLADO.- Alarga la vida de anaquel del producto mediante un cierre hermético. El cierre de los envases de vidrio con tapa de lámina y empaque plástico es común en la industria de las conservas. Es muy importante que la corona del envase de vidrio se encuentre en perfectas condiciones lo mismo que la tapa y su empaque pues solo así se asegura el cierre hermético. En el caso de usar latas la eficiencia del engargolado en sus dos operaciones es de capital importancia. Realizado manualmente o a máquina el sellado o engargolado deberá someterse a un análisis visual y otro estructural con mediciones que pro

porcionen una seguridad en la eficiencia del sello.

9.- PROCESAMIENTO.- Esta operación se realiza debido a la necesidad de esterilizar determinados productos. Se lleva a cabo en autoclaves que pueden ser horizontales, verticales o contínuas con enfriamiento incluido. Los productos reciben un tratamiento térmico calculado en función de su acidez, pH, estado físico y características especiales de cada alimento; así, tenemos que productos muy ácidos con un pH de 2.3 a 3.7 solamente requieren de una pasteurización a 100°C. Lo esencial es asegurar la destrucción de microorganismos como el Clostridium Botulinum y como el PA 3679 que son patógenos y a éstos pH's no se desarrollan.

10.- ENFRIAMIENTO.- En el caso de productos en frasco, debe ser lento y al ambiente para evitar la fractura del vidrio; para las latas se procura un enfriamiento rápido con agua para lograr un choque térmico efectivo. Los frascos deben invertirse al sacarlos del autoclave y enfriarse en esa posición pues se detecta así el mal cierre en caso de que lo haya. Se toman muestras como testigos y para análisis.

11.- ETIQUETADO Y ALMACENAMIENTO.- Se procede a etiquetar antes de almacenar en el cuarto destinado a cuarentena; esta operación puede invertirse almacenando el producto en cuarentena antes de etiquetarlo. La etiqueta es colocada a máquina o a mano. La cuarentena es una necesidad pues nos da la seguridad de el estado-

de nuestro producto antes de salir al último consumidor. El al-  
macenado se hace en las cajas de cartón y estibando según las -  
indicaciones de resistencia de las mismas.

## CAPITULO IV

MATERIALES Y METODOS.

El hecho de que no existieran estudios específicos del nopal Xoconostle y su fruto, nos hizo emprender una serie de análisis y determinaciones analíticas que nos orientaran y dieran datos -- acerca de su constitución y características. Se estudiaron los Xoconostles de los municipios de Colón, Cadereyta, E. Montes, Tequisquilapan, San Juan del Río, el Marqués y Querétaro.

## I.- MATERIALES

## a).- De Vidrio y Porcelana:

Buretas de 25 y 50 ml; matraces aforados de 100, 200 y 1000 ml; matraces E.M. de 125, 250, 1000 ml; pipetas graduadas de 25 y 4 100 ml; vasos de precipitado de 250 y 1000 ml; pipetas volumé - tricas de 1, 10, 15 y 25 ml; embudos de cristal, agitadores con gendarme, goteros, extractor soxhlet; matraz Kjeldahl, trampa - y refrigerante; termómetro de -20 a 110°C; cápsulas de porcela - na y embudos buchner.

## b).- Equipos y Accesorios:

Balanza analítica, estufa eléctrica, licuadora, olla de presión cuchillos, refractómetro Bellingham Stanley, potenciómetro Cor-

ning Mod. 7 ; Consistómetro Spread Meter, trompas de vacío, ---  
 frascos de vidrio de cierre hermético, etiquetas, sacabocados,-  
 cuchara de metal, ollas de aluminio, espumaderas, moldes y pa-  
 pel celofán, pelapapas, manta de cielo, mufla, mechero bunsen,-  
 Hot-plate, crisoles de platino, pizetas, soportes y aros metáli-  
 cos, pinzas, telas de asbesto, papel filtro, papel tornasol, --  
 agitador magnético, manguera de látex, tapones de hule y algo-  
 dón.

#### c).- Reactivos

Acido cítrico, benzoato de sodio, azúcar sacarosa de caña o re-  
 molacha, pectina 1:100, bicarbonato de sodio, buffer de HCl---  
 Glicocola-cloruro de sodio (pH=3.32). Carbonato de sodio anhi-  
 dro, etanol absoluto, azul de metileno, hidróxido de sodio, ro-  
 jo de metilo, azul de bromotimol, fenolftaleína, ácido clorhí-  
 drico, ácido sulfúrico, licor de Fehling-Causse Bonnans, aceta-  
 to de plomo, éter etílico, sulfato de sodio, sulfato de cobre -  
 anhidro, dióxido de selenio, tiosulfato de sodio, hidróxido de  
 bario, zinc en granalla, ácido bórico, éter de petróleo y alco-  
 hol amílico.

## II.- METODOS

### A).- IDENTIFICACION DE ESPECIES

A fin de conocer las especies de Cactáceas que fuesen nopales -

Xoconostles, se realizó una identificación botánica a partir de los datos obtenidos en la comparación de muestras de nopales que se sospechaba fueran Xoconostles, con las descripciones hechas por diversos autores y otras observaciones encontradas en los archivos del Jardín Botánico Exterior de la UNAM sobre estas plantas.

#### B).- PREPARACION DE MUESTRAS

Para apreciar mejor la importancia del grado de madurez en la variación de algunos parámetros procedimos a seleccionar un nopal Xoconostle con la mejor edad para dar frutos de calidad; Lozano recomienda nopales de 3 - 5 años de edad, de éste nopal se seleccionan pencas de 2 años para obtener los mejores frutos de la planta. La edad de la penca y de la planta se calcula por el número de renuevos (retoños o brazos) que se encuentran en el tronco y en la penca escogida (23). La especie que se empleó fue la Op. Chata, de ésta planta se marcaron los frutos que, estando verdes aún, ya habían alcanzado su pleno desarrollo comparados con los frutos ya maduros y se tomaron muestras a intervalos de 5 días para determinar en ellos el pH, azúcares reductores y pectina total en la pulpa.

Las pencas y frutos fueron cortados y colocados en botes de lámina que se cubrieron con periódico y trasladadas de inmediato al lugar de análisis en un máximo de 24 horas, esto es para re-

ducir las pérdidas de humedad al mínimo.

Las pencas fueron limpiadas para eliminar la tierra y se rebanaron en pequeños trozos , luego se licuaron. Con lamuestra licuada se procedió al análisis.

Los frutos se limpiaron y se procedió a pesarlos. Se separó la cáscara de la pulpa y el corazón se desprendió con todas sus se millas. La cáscara, la pulpa y el corazón se licuaron por sepa rado y éstas muestras licuadas fueron utilizadas para los análi sis; a excepción de las semillas, que fueron secadas primero y luego molidas finamente.

En mermeladas y ates se determinaron la acidez titulable, pH, só lidos solubles, directamente sobre el producto. Todos los análi sis fueron hechos por duplicado.

### C) ANALISIS

pH

Se utilizó el potenciómetro Corning Mod. 7, el cual se calibró- utilizando una solución buffer de ácido clorhídrico-Glicocola- cloruro de sodio (pH=3.32). La determinación en la mermelada se hizo en una disolución de agua destilada caliente, al 20% peso- sobre volumen (29).

### ACIDEZ TITULABLE

Expresada como por ciento de ácido cítrico, según A.O.A.C. (3).

### SOLIDOS TOTALES Y HUMEDAD (AGUA)

Por diferencia de pesadas, según A.O.A.C. (3). La muestra líquida es secada colocándola en una estufa de vacío a 27 pulgadas y a la temperatura de 70°C durante 8 horas, según Villarreal (43) y Pearson (29). A las mermeladas y ates, se añadió agua después de pesar la muestra, a fin de que se disuelva mientras está a baño maría y así obtener una película uniforme de secado, Pearson (29).

### SOLIDOS SOLUBLES

Por refractometría. Se emplea el Refractómetro Bellingham Stanley. Los resultados fueron expresados como °Bx/20°C o sea, como por ciento en peso sólidos solubles.

### AZUCARES REDUCTORES TOTALES (A.R.T.)

Se diluye la muestra hasta obtener una concentración entre 0.3- y 0.10 g /lt y se realiza según el método de Fehling Causse-Bonnans, según Vera y López (42). Para mermeladas y ates, la muestra se prepara pesando 300 g del producto, se licúan con 800 ml de agua destilada y se somete a calentamiento por 2 horas, se pasa después a un matraz aforado de 2 lt, se enfría a 20°C

y se afora, luego se agita. Con esta muestra se continúa con el análisis, según A.O.A.C. (3). Los resultados se expresan en g/lt

#### AZUCARES REDUCTORES PARCIALES

Se diluye la muestra hasta obtener una concentración de 0.3 a 1.0 g/lt y se realiza según el método de Fehling Causse-Bonnans sin efectuar la hidrólisis, como lo indican Vera y López (42). - La muestra de mermelada o ate se prepara de la misma forma que para determinar A.R.T. y los resultados se expresan como g/lt, según A.O.A.C. (3).

#### PECTINA

Se empleó el método de la A.O.A.C. modificado por J. Rivereau - Gayón, Peynaud (34) y Jacobs (21). En la muestra licuada se aisló la pectina y se determinó por precipitación en alcohol etílico y por sencillas acidimetrías, lo siguiente:

- 1.- La concentración de las materias pécticas precipitadas por el alcohol etílico.
- 2.- La concentración de ácido péctico libre, tomando 176 mg. como miliequivalente de ácido péctico.
- 3.- La concentración de ácido péctico esterificado, tomando 190 mg como miliequivalente del ácido péctico esterificado.
- 4.- La concentración de pectina pura, por suma de éstas dos últimas cifras.
- 5.- La concentración de las sustancias diferentes de la pectina

o gomas, por la diferencia entre materias pécticas y pectinna pura.

con las cifras anteriores se calculó el índice de Pureza o porciento de pectina pura y el índice de esterificación o porciento de ácido péctico esterificado con relación a la pectina pura; éstos dos valores definen perfectamente a una materia péctica.- El método está descrito en el anexo 1.

#### PROTIDOS

El nitrógeno total se determinó por el método Kjeldahl y la cantidad de protefna se calculó multiplicando por el factor 6.25 . La técnica aplicada es la descrita en el A.O.A.C. (3).

#### GRASA

Por extracción directa con éter de petróleo. Según A.O.A.C. (3).

#### FIBRA CRUDA O RESIDUO CELULÓSICO

Se determinó a los residuos desengrasados del método anterior,- según A.O.A.C. (3).

#### FUERZA DE GELIFICACION DE LA PECTINA

Se usó un método empírico que está descrito en el anexo 1 .

#### CONSISTENCIA

Por medición de la viscosidad aparente, utilizando el consistó-

metro Spread-Meter. El método está descrito en el anexo I .

#### D).- ELABORACION DE PRODUCTOS

Los métodos empleados en la elaboración de mermelada, ate, Xoco<sub>nostle</sub> en Almíbar, cristalizado y en salmuera, fueron los tradi<sub>cionalmente</sub> empleados en la elaboración de las conservas alimen<sub>ticias</sub>. A partir de ellos se hicieron las modificaciones conve<sub>nientes</sub> y se establecieron los parámetros específicos para los<sub>productos</sub> del Xoconostle.

## CAPITULO V

RESULTADOS.

## A).- CLASIFICACION

Todos los nopales Xoconostles conocidos a la fecha pertenecen a la familia de las Cactáceas y al género Opuntia.

El género Opuntia tiene dos subgéneros en México, presentándose en Querétaro los dos:

I.- SUBGENERO CILINDROPUNTIA.- Las especies de éste subgénero tienen los troncos y pencas cilíndricas. De éste subgénero el único nopal Xoconostle conocido es la especie Opuntia Imbricata (Haworth, D.C.) o "Xoconostle de Organillo".

II.- SUBGENERO PLATOPUNTIA O PLATYOPUNTIA.- Las especies de éste subgénero tienen el tronco leñoso y oblongo, pencas planas en forma de raqueta. De éste nos interesan como Xoconostles las especies que producen baya con pericarpio más carnoso y de sabor más ácido que el de tunas dulces vulgarmente conocidas.

## B).- DESCRIPCION

Las especies que fueron confirmadas como Xoconostles en el Est

do de Querétaro son:

Del género *Opuntia*, Subgénero *Cilindropuntia*:

1.- La *Opuntia Imbricata*, también llamado *Xoconostli*, *Joconostli*, *Cardón*, *Coyonostle* y *Cardenche*. Es una planta que mide de 1.5 a 4.0 m de altura; tronco leñoso de 7.5 a 15 cm de diámetro y articulaciones cilíndricas tuberculadas con diámetro y longitud variables. Flores purpúreas situadas en los extremos de las ramas. Espinas blancas o amarillentas de 2 a 4 cm de longitud, en vueltas en una vaina papirácea. Tuna ovada subglobular, tuberculada, desnuda, de unos 2 a 6 cm de longitud y de 3.0 a 3.5 cm de diámetro. Permanece adherida a la planta de 3 a 5 años y continúa desarrollándose; cuando joven la tuna es verde y tuberculada, más tarde casi lisa, burda y tosca después de los 2 o 3 años de edad cuando ya es amarillenta. Florece en marzo. Esta es una de las especies de articulaciones cilíndricas más comunes y características de la altiplanicie mexicana:

Del género *Opuntia*, Subgénero *Platopuntia*:

1.- *OPUNTIA CHAVERA*.- *Xoconostle* de castilla, *cascarón* o *caidilla*; es una planta que mide de 3 a 3.6 m de altura, con tronco negro escamoso de 20 a 25 cm de diámetro; articulaciones obovadas de 22.5 a 30 cm de longitud, de color verde amarillento y pobladas de pelos cortos; espinas erectas divergentes a los lados de las articulaciones, de 0,6 a 2,0 cm de longitud. Flores-

amarillas o anaranjado pálido; fruto obovado, rojo o blanco, en el primer caso la pulpa es de color rojo; en ambos casos grande y jugoso, con un pericarpio muy desarrollado y gran fructificación; el fruto está protegido por largas espículas de color amarillo o espinas fugaces como pelos y que se desprenden al llegar el fruto a la madurez.

2.- OPUNTIA CIANELLA.- Xoconostle blanco, Xoconostle amarillo.- Es una planta que mide de 2 a 3 m de altura, tronco leñoso de 18 a 30 cm de diámetro; articulaciones obovadas color verde con manchas amarillas; espinas blancas con puntos negros, de 2 a 4 cm de longitud y 3.5 a 5 cm de diámetro, con cáscara y pericarpio intensamente amarillo blanco de sabor dulzón agradable. Este es uno de los Xoconostles más gustados por el campesino del centro de la República.

3.- OPUNTIA CHATA.- Xoconostle Cuaresmeño, planta de gran desarrollo vegetativo, no muy alto, de 1.5 a 2.5 m de altura; tronco cilíndrico oscuro escamoso de 20 a 30 cm de diámetro y articulaciones obovadas, verdes, de 17 a 25 cm de longitud. Flores amarillas, a veces, con manchas rojizas. Fruto subglobular de color verde claro, de 5 a 8 cm de longitud y 4 a 7 cm de diámetro; pulpa amarilla con manchas rojizas y jugosa. Espinas blancas de 2 a 4.2 cm de longitud, delgadas y muy abundantes. Es el Xoconostle de articulaciones planas más abundante en el campo mexicano.

4.- *OPUNTIA LEUCOTRICHA*.- *Xoconostle duraznillo blanco* o *duraznillo colorado*. Arbol erecto de gran desarrollo vegetativo y - alto, 3 a 5 metros de altura o más; tronco definido de 20 a 30 cm de diámetro y pubescente; artículos obovados a oblongos de 14 a 28 cm de longitud, pubescentes (cubiertas de pelos delgados, cortos y suaves), de color verde grisáceo. Espinas que varían con la edad, de 0.6 a 1.2 cm de longitud en las articulaciones del último año, pero de hasta 7.5 cm en las de 4 años de edad; en número creciente de 1 a 7 aumentando con la edad, aplastadas, flexibles, torcidas y, en los troncos viejos, enmarañadas, amarillas cuando jóvenes pero cambiando a blancas y comunicando a los troncos viejos una apariencia gris, muy débiles y quebradizas. Flores amarillas de 3.8 a 5.0 cm de ancho. De fruto color amarillo pálido o rojizo, corto obovado a subglobular, pubescente, formíblemente protegido por espículas (espiguillas) amarillas y, cuando jóvenes con espinas fugaces; la pulpa del fruto es amarilla para el duraznillo blanco y rojo purpúreo para el duraznillo colorado, para el cual las flores son amarillas rojizas y las espinas más cortas. Tiene hábito arbustivo.

5.- *OPUNTIA GUILANCHI*.- Planta erecta, de 1.5 a 2.0 metros de altura; tronco definido cilíndrico oscuro, escamoso de 15 a 20 cm de diámetro; articulaciones obovadas pequeñas de 24 a 26 cm de largo, verde oscuras que con la edad se tornan verdes con tintes rojizos y al final con parecido al papiro. Se caracteri

za por sus espinas blancas moteadas pequeñas, de 1.2 a 2.5 cm de longitud; flores amarillas; fruto algo aromático y con la cutícula pubescente, variable de color, principalmente verde amarillo y en ocasiones con líneas rojizas que penetran hasta el centro del fruto, cáscara color verde amarillo y la pulpa amarilla por su parte externa y rojiza en el centro, pulpa fácilmente separable de la semilla.

6.- *OPUNTIA SPINULLIFERA*.- Arbol erecto con numerosos palos largos y blancos, cubriendo todo del tronco y la base de las plantas jóvenes; de 1 a 2 metros de altura, vigoroso con tronco de 15 a 25 cm de diámetro y oscuro; artículos tomentosos (cubiertos de pelillos cortos, flexibles de aspecto sedoso), de color verde claro a verde azulado cuando no sobrepasan los dos años, después se tornan amarillos y por último pardas; obovadas de 18 a 30 cm de longitud, protegidas por grandes espinas flexibles, setosas, de color blanco cenizo a blanco grisáceo.- Flores amarillas y fruto globoso pequeño de 4 a 5 cm de longitud, obovado. Este nopal es usado frecuentemente para formar cercas impenetrables por la cantidad de espinas que produce.

7.- *OPUNTIA OLIGACANTHA*.- Arbol erecto alto y de gran desarrollo vegetativo, de 3 a 4 metros de altura; tronco negro escamoso de 20 a 30 cm de diámetro; articulaciones de color verde opaco oscuro, de 22 a 27 cm de longitud, obovadas a subglobulares; espinas blancas que se tornan cenizas con la edad, de 2.5-

a 5.6 cm de longitud. Flores amarillas rojizas; fruto subglobular de color rojo opaco a blanco amarillento que tiene poca semilla y fácilmente separable de la pulpa, de sabor ligeramente desabrido.

8.- OPUNTIA HELIABRAVOANA.- Xoconostle blanco, tetechal, nopal chaparro, nopal ardilla o duraznillo blanco. Planta pequeña de 0.60 a 1.3 metros de altura y extendida hasta 4 metros; artículos de color verde limón, algo amarillentos, anchamente obovados hasta casi circulares o espatuladas, de 21 a 50 cm de largo y 15 a 40 cm de ancho en la parte más ancha; glabros, recubiertos de una capa de cera. Espinas delgadas rígidas, de color blanco amarillento con la base ambarina hasta marfil, aciculares, aplanadas en la base, generalmente ausentes en la parte inferior; flores dispuestas en los bordes y en las dos caras de los artículos, de 6 cm de diámetro aproximadamente cuando abiertas. Frutos de color verde salmón en la parte superior cuando bien maduros dispuestos en los bordes y en las dos caras de los artículos; globosos, a veces periformes, sin espinas y con lana gris; pulpa amarilla verdosa de 1 cm de grueso o más; semillas color gris oscuro, globosas anguladas, hasta 90 en un solo fruto y de 2.5 a 3 cm de diámetro; florea principalmente en marzo, julio y agosto. La tuna es agria, el pericarpio se desprende con facilidad y constituye la parte comestible.

9.- OPUNTIA MATUDAE.- Arbol erecto de 1 a 2.8 metros de altura de gran desarrollo vegetativo; tronco leñoso, escamoso y negro de 12 a 24 cm de diámetro; artículos de color verde ceniza, es obovados a casi circulares; espinas de base gruesa 2 a 4 cm de diámetro en su parte más baja; blancas con motas negras; flores blanco amarillentas de mediano tamaño, de 4 a 6 cm de diámetro cuando abiertas, fruto globoso de color verde opaco hasta oscuro, con mucha semilla de color café oscuro; pulpa color rojo.- Es un árbol de gran fructificación.

10.- OPUNTIA LUCENS.- Planta erecta de poco desarrollo vegetativo; de 1.5 a 3.5 metros de altura; tronco definido, esbelto, escamoso, artículos verde claro moteados con manchas azuladas y oblongos, delgados con 20 a 26 cm de largo; con espinas blancas delgadas aplanadas en la base y circulares en la punta. -- Flores amarillas largas de 4.5 a 7 cm de longitud y 4 a 5 cm de diámetro; frutos alargados color verde cenizo, con mucha semilla, pulpa rojiza a rosada y de gran fructificación.

En cuanto a color de la pulpa en las diversas especies, encontramos que las especies que dan tuna blanca amarilla verdosa - en su pulpa, son: Opuntia Hellabravoana, Opuntia Chata, Opuntia Cianella, Opuntia Chaveña, Opuntia Guilanچی, Opuntia Sp[un]nullifera, Opuntia Leucotricha, Opuntia Matudae, Opuntia Oligacantha y Opuntia imbricata.

Entre las especies que dan tuna con pulpa rojiza a purpúrea - están: *Opuntia Chaveña*, *Opuntia Lucens*, *Opuntia Oligacantha*, *Opuntia Matudae*, *Opuntia Guilandini*, *Opuntia Leucotricha* y *Opuntia Chata*.

El híbrido conocido *Opuntia Lucens*X*Opuntia Matudae* es de cáscara verde y pulpa roja. Existen algunos nopales híbridos naturales que frecuentemente se confunden con las especies originales, además, la gran cantidad de variedades de una misma especie hace que exista una gran confusión entre los estudiosos -- botánicos.

### C).- ESTUDIOS ANALITICOS

Antes de proceder a elaborar productos alimenticios para el -- consumo humano fue necesario efectuar un estudio analítico de la materia prima que nos diera una indicación del valor nutritivo de la misma. Presentamos en los cuadros XIII, XIV, XV y XVI los resultados de estos estudios; los análisis se realizaron en las especies *Opuntia Chata* y *Opuntia Heliabravoana*.

C U A D R O   X I I I  
ANALISIS BROMATOLOGICO DEL NOPAL XOCONOSTLE\*

DETERMINACIONES	PENCAS %	FRUTOS %
Humedad	85.40	85.90
Proteína Cruda	1.28	1.63
Grasa Cruda	0.19	0.35
Cenizas	2.48	1.41
E.L.N.	7.11	8.70
Fibra Cruda	3.50	1.95
Materia Orgánica	12.08	12.63

(\*) Todos los resultados son sobre base húmeda.

Los frutos Xoconostles están constituidos por las siguientes - partes:

C U A D R O   X I V  
CONSTITUYENTES DE LA TUNA XOCONOSTLE

FRACCION	CASCARA *	PULPA	SEMILLA
%	12.0	85.0	3.0

(\*) Separada con cuchillo.

La composición promedio de las diferentes partes del fruto, obtenida en nuestros análisis sobre los frutos de los nopales Xoconostles *Opuntia Chata* y *Opuntia Hellabravoana*, se muestra en el siguiente cuadro:

C U A D R O   X V  
ANALISIS BROMATOLOGICO DE LA TUNA XOCONOSTLE

COMPOSICION %	CASCARA	PULPA	SEMILLA *
Humedad	88.80	88.63	3.30
Proteína Cruda	0.45	0.50	8.12
Grasa Cruda	0.14	0.19	14.16
Cenizas	1.92	0.22	1.81
E.L.N.	6.40	8.37	15.00
Fibra Cruda	2.11	1.93	57.50
Materia Orgánica	9.10	11.00	94.78

(\* ) Secada en estufa a 70°C.

Para conocer las características de interés para la elaboración de las conservas de este fruto se realizaron análisis como: % - Sólidos totales y solubles, Azúcares reductores parciales y totales, Acidez Cítrica, pH, Pectina Total; cuyos resultados se encuentran en el cuadro XVI.

C U A D R O   X V I  
ESTUDIOS ANALITICOS EN TUNA XOCONOSTLE

DETERMINACIONES	CASCARA	PULPA	SEMILLA
Sólidos Totales %	11.20	11.37	96.70
Sólidos solubles <sup>o</sup> Bx	4.10	6.00	---
Azúcares R.T. g/lit	3.77	9.00	---
Azúcares R.P. g/lit	2.05	4.60	---
Acidez Cítrica * %	1.2 - 2.3	2.1 - 2.8	---
pH	3.0 - 3.8	2.9 - 3.4	4.7
Pectina Total **	1.20	0.6 - 3.0	---

(\*) Semilla seca triturada y diluída en 100 ml de agua des-  
tilada.

(\*\*) Porcentaje de materias pécticas precipitadas.

#### D).- PECTINA

La pectina de la tuna Xoconostle es de calidad regular, según -  
la prueba de fuerza de gelificación y, en cuanto a la constitu-  
ción de la molécula de pectina encontramos los resultados que -  
aparecen en el cuadro XVII.

C U A D R O   X V I I  
 MATERIAS PECTICAS DE LA TUNA XOCONOSTLE \*  
 Op. Hellabravoana (I) y Op. Chata (II)

COMPOSICION      % (b.h.)	( I )	( II )
Materias Péclicas Precipitadas	2.87	2.53
Acido Péctico Libre	0.14	0.11
Acido Péctico Esterificado	1.16	1.03
Pectina Pura	1.30	1.14
Gomas	1.57	1.39
Índice de Pureza	45.30	45.05
Índice de Esterificación	89.23	90.35

(\*) Tuna apenas madura.

#### E).- VITAMINA C

El contenido de vitamina C (ácido ascórbico) en miligramos por 100 g de pulpa de tuna de Xoconostle resultó de 48 a 57 mg. -- Si se compara con el contenido de vitamina C de la tuna dulce - (pag. 24 ), según Ramírez (32) se observa que la tuna Xoconostle contiene una mayor cantidad de vitamina C.

## F).- VARIACION DE ALGUNOS PARAMETROS CON LA MADUREZ

La importancia del grado de madurez en la variación del pH, - la cantidad de Azúcares y la cantidad de Pectina Total, se puso de manifiesto con los análisis realizados sobre las tunas - de grado de madurez creciente. Los resultados de éstas determinaciones están en el cuadro XVIII en donde el día cero corresponde al día de selección y corte de la muestra de tunas verdes en pleno desarrollo, es decir, a la primera muestra. Estos resultados los podemos observar también en las figuras 4, 5, y 6.

C U A D R O   X V I I I  
AZUCARES R.T. PECTINA TOTAL y pH EN XOCONOSTLES DE DIVERSO  
GRADO DE MADURACION ( OPUNTIA CHATA )

DIA No	pH	A.R.T.	PECTINA TOTAL %
0	2.25	5.08	4.80
5	2.30	6.39	4.70
10	2.50	6.82	4.00
15	2.90	7.15	3.06
20	3.15	7.82	2.15
25	3.20	8.35	1.75
30	3.30	8.63	1.40
35	3.35	8.93	1.08
40	3.35	8.93	0.86
45	3.40	8.86	0.62

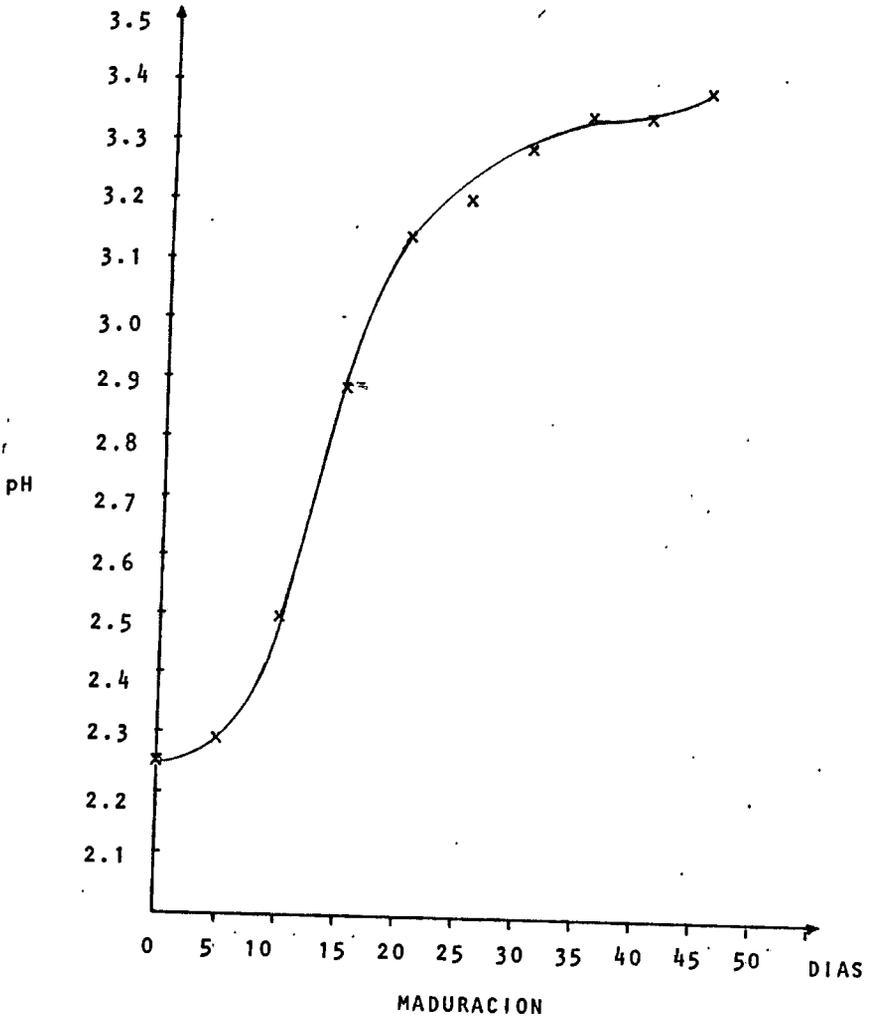


FIGURA 4 .- Variación del pH del fruto del Xocnostle con la maduración. La especie usada es la Opuntia Chata.

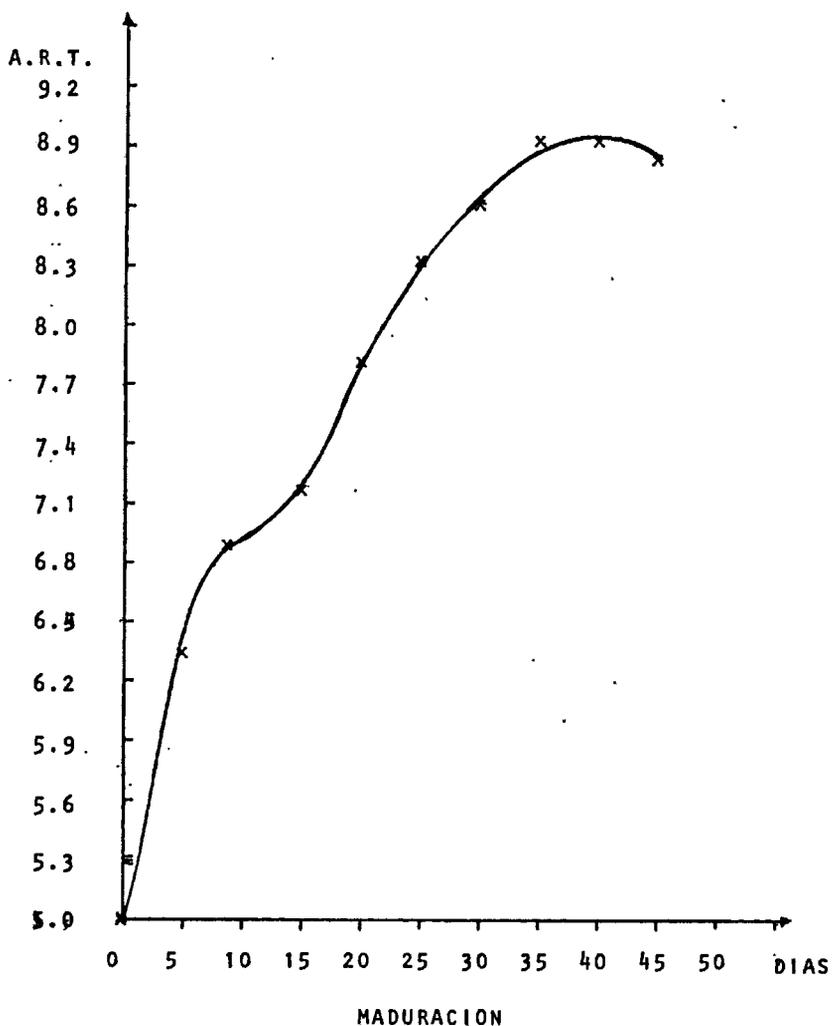


FIGURA 5.- Variación del contenido de azúcar del fruto Xoconostle con la maduración. La especie usada es la - Opuntia chata.

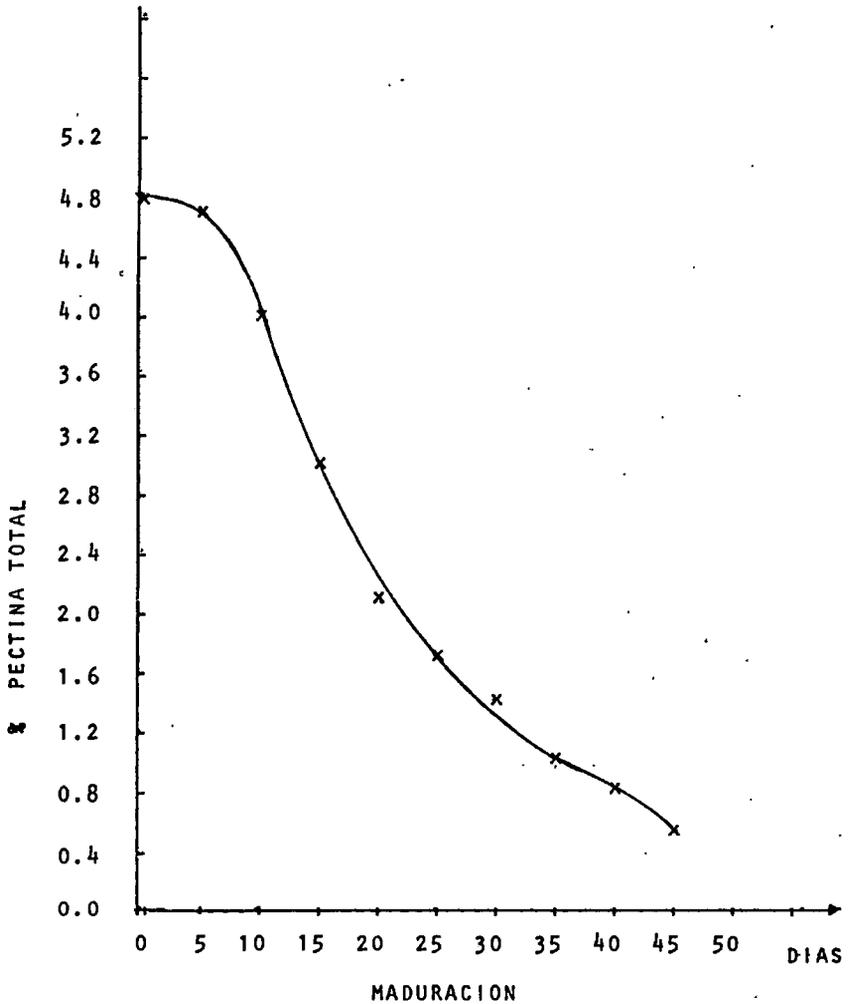


FIGURA 6.- Variación de la cantidad de Pectina Total del fruto Xoconostle con la maduración. La especie usada es la *Opuntia Chata*.

### G).- METODOS DE ELABORACION

Las modificaciones que se hicieron a las técnicas tradiciona - les para cada producto fueron:

#### Xoconostle en Almíbar

- 1.- Seleccionar la fruta.
- 2.- Lavar.
- 3.- Mondar.
- 4.- Desemillar y Pinchar .
- 5.- Pinchar la fruta para facilitar la penetración del jarabe.
- 6.- Escaldar 2 a 3 minutos en agua hirviendo (92°C, QRO.)
- 7.- Preparar un jarabe de 50 - 55 °Bx que se deja en ebullición por 2 a 3 minutos.
- 8.- Introducir y acomodar la fruta en los envases.
- 9.- Adicionar el jarabe preparado en caliente y cerrar los en - vases perfectamente.
- 10.- Esterilizar a 1.05 Kg/cm<sup>2</sup> durante 15 minutos. Además de la eliminación completa de microorganismos, se obtiene la tex tura suave y agradable del producto.

El producto terminado presentó las siguientes características:

Color.- Amarillo claro.                      pH.- de 4.0 a 4.2

Apariencia.- Atractiva.                      °Bx.- de 50 a 52

Sabor.- Característico, ligeramente ácido, agradable.

Mermelada de Xoconostle.

- 1.- Seleccionar la fruta.
- 2.- Lavar.
- 3.- Mondar.
- 4.- Desemillar.
- 5.- Pesar para un Kg de pulpa: 700 a 900 g de azúcar; de 0.3 a 0.5% de pectina en polvo; 0.01% de benzoato de sodio y de 0.12 a 0.15% de bicarbonato de sodio si el pH es menor de 3.1 para ajustar entre 3.1 y 3.3. el pH.
- 6.- Moler(\*) la pulpa hasta adquirir consistencia de puré.
- 7.- Ajustar el pH entre 3.1 y 3.3 con el bicarbonato de sodio.
- 8.- Concentrar la pulpa hasta obtener una consistencia más o menos firme, aproximadamente 10°Bx.
- 9.- Agregar el azúcar y el benzoato de sodio; agitar y concentrar hasta 68°Bx proximadamente.
- 10.-Agregar la pectina previamente disuelta en agua a 80°C y en solución al 4%. Continuar agitando para evitar que se peque y queme.
- 11.-Concentrar a fuego lento hasta 65 - 68°Bx.
- 12.-Llenar los envases cuando el producto tenga más de 80°C.
- 13.-Esterilizar en autoclave a 15 lb/in<sup>2</sup> durante 15 minutos o en baño maría (92°C) durante 30 minutos.
- 14.-Enfriar, lavar y secar los envases; empacar.

El producto terminado presentó las siguientes características:

Color.-amarillo brillante a amarillo oscuro. °Bx.- 66 a 68

Apariencia: atractiva. pH.- 3.2 a 3.3

Sabor.-Característico resalta el sabor de la fruta.

Consistencia.-25 a 31 Unidades.

Azúcar invertido.-32 - 38 % del azúcar total empleado.

(\*).- Para elaborar mermelada de Xoconostle en trozos, solamente se trocea la fruta formando cuadros de aproximadamente 0.6 cm de lado. Se prepara luego un jarebe fuerte (50-55°Bx), se adiciona a la fruta en trozos, se concentra hasta 65°Bx y se agrega el benzoato de sodio y la solución de pectina al 4%. Se continúa con el paso 11 normalmente.



### Xoconostle en Salmuera

- 1.- Seleccionar la fruta.
- 2.- Lavar.
- 3.- Mondar.
- 4.- Desemillar y Pinchar
- 5.- Escaldar la fruta de 2 a 3 minutos en agua hirviendo (92°C).
- 6.- Preparar una salmuera con 2% de cloruro de sodio y 3% de -- azúcar. Hervir durante 2 a 3 minutos la salmuera.
- 7.- Introducir y acomodar la fruta en los envases.
- 8.- Adicionar la salmuera an caliente y cerrar los envases perfectamente.
- 9.- Esterilizar en autoclave a 15 lb/in<sup>2</sup> por 15 minutos.

El producto terminado present6 las siguientes características:

Color.- Amarillo claro.

pH.- 3.1 - 3.3

Apariencia.- Atractiva

Sabor.- Característico de la fruta, ligeramente ácido, agradable.

Textura.- Suave y esponjosa.

### Xoconostle Cristalizado

- 1.- Seleccionar la fruta.
- 2.- Lavar.
- 3.- Mondar.
- 4.- Desemillar y pinchar.
- 5.- Reforzado.- Se sumergen las piezas de pulpa en una solución de cal, preparada disolviendo 20 g de cal apagada por cada 10 + 1t de agua, se deja reposar una hora y se decanta después. Los trozos de pulpa se dejan en esta solución media hora y se lavan enseguida con abundante agua. Se escurren y se sumergen en una solución hirviente de alumbre ( 1 g/lt de agua) o ácido sulfúrico al 2%, se retiran de allí con una espumadera tan pronto como el hervor los levante a la superficie y pasándolas al agua fría para su lavado cuidadoso.
- 6.- Se sumergen en un jarabe de 40<sup>o</sup>Bx y se hierven en él por unos 5 minutos para que no se ablanden en exceso.
- 7.- Se dejan en este jarabe 6 horas y se cambian a uno de 55<sup>o</sup> Bx en donde se hierven por 5 minutos, dejándose 6 horas en ese jarabe.
- 8.- Se sacan los Xoconostles y se sumergen en un jarabe hirviente de 65<sup>o</sup>Bx por 5 minutos, tras lo cual se dejarán en ese jarabe ya frío 6 horas. Se sacan y colocan en una rejilla de alambre para que escurra el exceso de jarabe.
- 9.- Se mete la fruta en un horno cuya temperatura no llegue a

50°C. Se mantiene ahí por 3 a 6 horas justo hasta que esté perfectamente seca, lo cual nos lo indica el momento en que la fruta no se pegue a los dedos al tocarla.

10.- Se prepara un jarabe de 75°Bx que se pone a hervir a fuego lento por 3 minutos. Se sumergen las frutas con sus rejillas - en éste jarabe caliente y se mantienen cubiertas por el jarabe con la otra rejilla. Es necesario evitar la agitación y estimular la cristalización adicionando unos cristales de sacarosa - cristalizada previamente.

11.- Después de 12 - 15 horas se sacan las frutas y se meten - al horno con una temperatura máxima de 50°C, hasta que los cristales formen una capa lisa y brillante sobre la superficie de la fruta ( 3 horas aproximadamente).

12.- Se sacan del horno, se envuelven en papel celofán y se -- almacenan en un lugar fresco y seco.

El producto terminado presentó las siguientes características:

Color.- Amarillo brillante a verde oscuro.

Apariencia.- Congelada o cristalizada, brillante.

Sabor.- característico de la fruta, ácido dulzón.

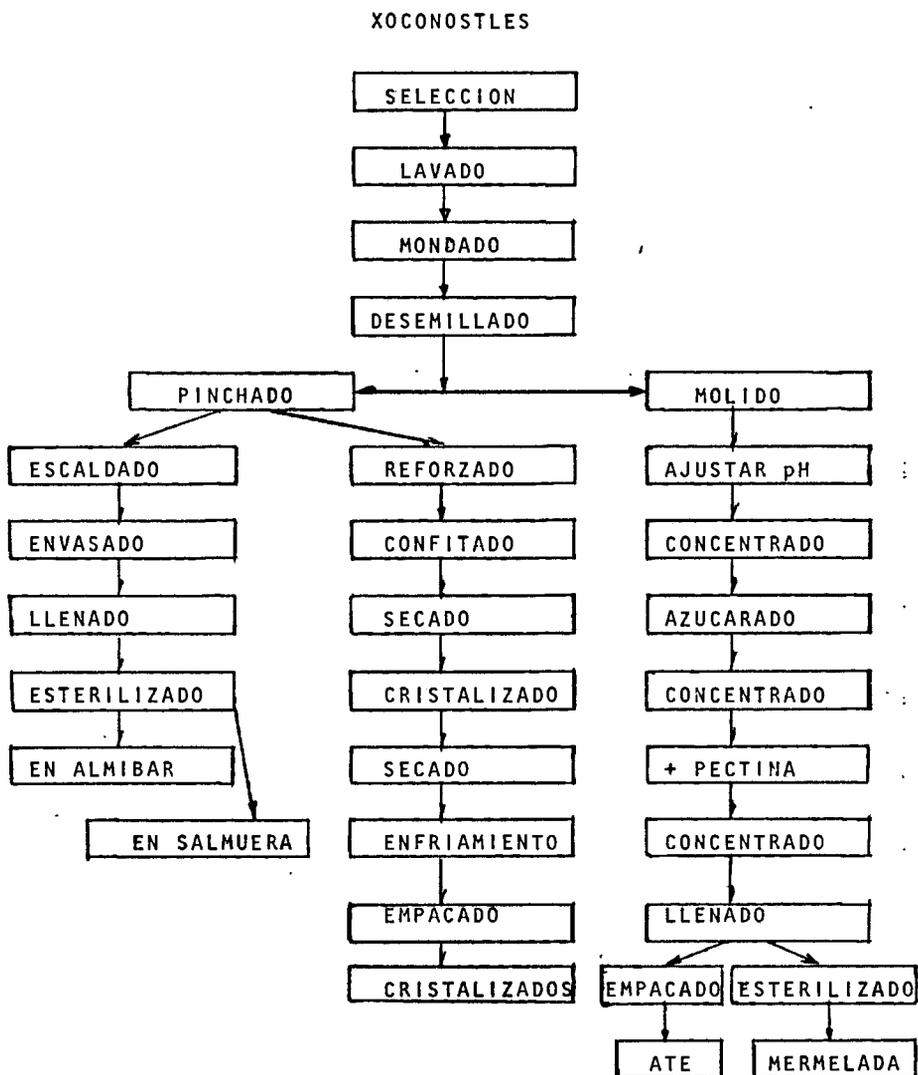
Textura.- Rígida y lisa.

Tamaño de cristales.- Grandes

pH.- 3.3 - 3.9

°Bx.- 77 - 80

En seguida presentamos el diagrama de flujo que resume las técnicas antes expuestas:



## CAPITULO VI

DISCUSION DE RESULTADOS

## I.- CLASIFICACION BOTANICA

De las once especies que se encontraron en Querétaro, las adecuadas para la elaboración de conservas, por sus características, fueron: la opuntia Opuntia Heliabravoana, Opuntia Chata, Opuntia Cianella, Opuntia Chaveña, Opuntia Guilanchi y Opuntia Leucotricha.

## II.- COMPOSICION QUIMICA

Como se ve en los resultados (cuadros XIII, XIV, XV, XV), el Xocnostle contiene una gran cantidad de pulpa, lo que hace posible su utilización en conservas alimenticias, a pesar, de tener poco contenido en proteínas. Los resultados indican que la parte más nutritiva del fruto es la semilla, pero para el objeto de este trabajo no es útil; además, para poder ser digerida por el organismo requiere ser molida finamente. Si comparamos los resultados obtenidos con los datos que apunta Colín (9) para una tuna dulce (cuadro IX, pág. 24), notaremos que la

cantidad de nutrientes presentes en la tuna Xoconostle es ma -  
 yor que en la tuna dulce, debido a que el primero contiene me-  
 nor porcentaje en semillas.

Para la elaboración de conservas es preciso conocer la canti -  
 dad de Sólidos Totales, Sólidos Solubles, Azúcares Reductores-  
 Totales, Acidez, pH y Pectina Total; los resultados obtenidos-  
 (cuadro XVI) nos indican que el fruto tiene el pH ideal para -  
 la elaboración de conservas por lo que no se requiere adicio-  
 nar ácido para lograr la formación del gel.

### III.- VARIACION DEL pH AZUCARES Y PECTINA CON LA MADUREZ

Los parámetros del cuadro XVI dependen principalmente:

- a).- Del grado de madurez de la tuna en cuestión.
- b).- De la especie y variedad del nopal Xoconostle.
- c).- De la edad de la planta y de la penca de donde se obtenga  
 la tuna Xoconostle.

Siguiendo el análisis en tunas Xoconostle de maduración cre --  
 ciente, cuyos resultados se observan en el cuadro XVIII y en -  
 las figuras 4,5 y 6, observamos que a 15 días la tuna Xoconost  
 le es de color verde amarillo con incipientes líneas rojizas,  
 le llamamos madurez inicial o incipiente. A partir de este mort-  
 mento la tuna Xoconostle puede utilizarse para preparar conser  
 vas alimenticias azucaradas. Su contenido de pectina es ---

el más alto en toda la etapa susceptible de industrialización; sin embargo, el sabor es muy ácido ( $\text{pH} = 2.90$ ) y el contenido en azúcar es bajo, por lo que habrá necesidad de desacidificar para llevar a un pH óptimo de gelificación de la pectina y se empleará más azúcar para lograr los sólidos requeridos en el producto.

A los 30 días la tuna es de color predominantemente amarillo-rojizo y el verde es muy tenue, le llamamos madurez firme pues el fruto es firme y de sabor ácido natural ligeramente dulzón. -- Es el momento en que acostumbran cortarla los campesinos para usarla como saborizante de su mole de olla y guisados. En este punto la acidez es adecuada ( $\text{pH} = 3.30$ ) y la cantidad de azúcar a usar disminuye en relación al punto de madurez inicial. La cantidad de pectina disminuyó considerablemente pero es todavía adecuada. En este momento de maduración los productos -- obtenidos resultaron de mejores cualidades organolépticas.

A los cuarenta días la tuna Xoconostle empieza lentamente a -- aumentar su contenido de fibra, esto se nota porque en el pericarpio aparecen unas fibras que son visibles al exponer esta parte a un contraste de luz intensa. Con el tiempo estas fibras se desarrollan hasta hacerse perfectamente visibles y pueden separarse del resto del pericarpio. En este tercer punto -- la cantidad de azúcar empieza a descender, el pH sigue en aumento y la pectina tiende a un mínimo. La tuna Xoconostle se --

mantendrá unida a la planta por 2 a 3 años aún; Lozano (23), -- Griffiths (18). En estas condiciones el fruto del nopal Xoco-  
nostle es perfectamente utilizable para elaborar conservas, --  
solo será necesario desifcar una pequeña cantidad adicional-  
de pectina.

La acidez alta de la tuna nos indica que el producto contiene-  
gran cantidad de vitamina C, lo cual, se comprueba con los re-  
sultados obtenidos en los análisis de vitamina C.

#### IV.- METODOS DE ELABORACION

##### a).- selección de la fruta

Para obtener productos de color amarillo claro, atractivo, se-  
usaron tunas del mismo color o bien rosadas; en estas últimas-  
el escaldado por 2 - 5 minutos en agua hirviendo procura la ex-  
tracción del colorante de la tuna Xoconostle, con lo que se --  
blanquea la fruta que se utilizará en la elaboración de Xoco-  
nostle en Almíbar o en Salmuera. En el caso de mermeladas y -  
ates la fruta rosada se usó sin blanquear en combinación con -  
con Xoconostle blanco y los productos obtenidos solo adquieren  
un tono ligeramente más oscuro que el tono amarillo brillante-  
que se obtiene al usar solo Xoconostle blanco. La combinación  
de estos Xoconostles debe guardar una proporción de 40% de --  
Xoconostle rosado y 60% de Xoconostle blanco, en peso, pues --

una proporción mayor del primero da lugar a productos sin color definido y poco atractivos a la vista. Los Xoconostles colorados no se recomiendan para la elaboración de conservas en almíbar o en salmuera pues el escaldado no es suficiente para extraer el color y el Jarabe o la salmuera adquieren un tinte rojizo durante el tratamiento térmico del producto y en el almacenamiento previo al consumo. Las mermeladas y ates hechos con Xoconostle colorado resultaron de color rojizo homogéneo y agradable, aunque quizá sea conveniente aumentar el tono rojizo del producto para hacerlo más atractivo.

b).- Mondado

Esta es la operación que más consume tiempo ( 20-40% del tiempo total de elaboración) en la elaboración de los productos de tuna Xoconostle cuando el mondado se hace a cuchillo. En vista de lo anterior realizamos pruebas de mondado por inmersión de la tuna en soluciones de NaOH de concentraciones que variamos del 1 al 5% y a temperaturas de 92°C (temperatura de ebullición del agua en Querétaro). Encontramos que la inmersión en una solución al 2% por 4 minutos o una solución al 4% durante 1 a 2 minutos seguidos por una aspersion de agua a presión, son suficientes para aflojar completamente la cutícula y facilita así su desprendimiento manual. Este método de mondado ayuda, al mismo tiempo, extrayendo parte del colorante de los-

Xoconostles cuando éstos son de color rosado o con manchas rojizas.

c).- Escaldado

Cuando se van a elaborar Xoconostles en almíbar o en salmuera, después del mondado continúa el escaldado, que se hizo en agua hirviendo y el tiempo de escaldado varió, según el estado de madurez de la fruta y el color de la misma, entre 2 y 5 minutos, ya que ésta operación sirve también para extraer el color y blanquear el fruto, aparte de las demás funciones comprobadas para el escaldado.

d).- Adición de azúcar

En la elaboración de ates y mermeladas se realizó en forma sólida cuando la pulpa ya se había evaporado lo suficiente para lograr los 10-15<sup>o</sup>Bx, de tal manera que exista agua suficiente para una perfecta disolución sin formar grumos, pero, que disminuya el tiempo de calentamiento a la mezcla azucarada, evitando el oscurecimiento del producto. La adición del azúcar se hizo en forma de hilo delgado con continua agitación. La adición del benzoato de sodio se efectúa en mezcla con el azúcar.

e).- Desacidificación

Cuando utilizamos la pulpa de Xoconostle con un pH menor a 3.1 fue necesario agregar bicarbonato de sodio para elevar el pH a

3.1 - 3.3 ; la cantidad a agregar depende de la acidez inicial de la pulpa.

f).- Adición de pectina

Se hizo en dos formas. La primera por adición en forma sólida como polvo fino mezclada con el azúcar y con constante agitación, se obtienen mermeladas o ates con pequeños grumos de pectina que restan calidad al producto. La segunda, por adición en forma de solución acuosa al 4% ( se diluye la pectina en agua a 80 - 85°C y agitación vigorosa hasta completa disolución) caliente agregada en el justo momento en que los sólidos solubles de la mermelada eran de 68°Bx y de 70°Bx para el ate. Con el segundo método se eliminó por completo la formación de grumos y solamente se tiene que concentrar un poco más para alcanzar los grados Brix mínimos para el producto.

g).- Grado de inversión de la sacarosa

En las mermeladas y ates la acidez natural de la pulpa, la temperatura y el tiempo de cocción de la pulpa nos proporcionó la inversión de azúcar requerida (25-40% en peso del azúcar invertido en relación al peso total del azúcar empleado, según -- Rauch (33), de tal manera que no se presentaron problemas de granulación de la dextrosa por exceso de azúcar invertido. No hubo necesidad de utilizar azúcar preinvertido. La cantidad de azúcar invertido en las mermeladas elaboradas se acercó al lí-

mite máximo permisible, debido a que la cocción se hizo sin vacío en recipiente abierto y que la temperatura y tiempo necesario para la concentración de esta manera, originó tal inversión. Creemos que concentrando a vacío y a menor temperatura se reducirá en gran medida la inversión y la cantidad de azúcar invertido en el producto terminado se acercará al promedio. En los ates fue necesario desacidificar hasta un pH de 3.2 y retardar la adición de azúcar en lo posible, hasta que la pulpa tenía 12-15°Bx y luego concentrar a fuego lento en olla de gran superficie de evaporación; todo para evitar la excesiva inversión de sacarosa y granulación de la dextrosa. Ahora bien esto se debe subsanar si se hace la concentración al vacío.

#### h).- Xoconostle en Almíbar

El jarabe de 50 -55 °Bx resultó el mejor ya que disminuyó ligeramente el sabor ácido y mejoró la sensación de sabor que causa la fruta en la boca.

#### i).- Xoconostle en Salmuera

La salmuera que mejores resultados dió fue la que contenía 2% de cloruro de sodio y 3% de azúcar sacarosa, pues el sabor de los Xoconostles es ligeramente menos ácido y muy natural.

J).- La esterilización de los productos del Xoconostle.

Para el Xoconostle en salmuera y en almíbar es, en realidad, -- una pasteurización por el pH natural de esta fruta (pH=2.9-3.4) Esta pasteurización se realizó de dos formas.

- 1.- Sometiendo el producto envasado y cerrado en caliente a un tratamiento de 2 horas a baño maría.
- 2.- Sometiendo el producto envasado y cerrado en caliente a un tratamiento en autoclave a 15 lbs/in<sup>2</sup> por 15 minutos.

Este tratamiento procuró al mismo tiempo el cocimiento de la -- fruta y está resultó con una textura suave y esponjosa muy apro-  
piada. Los productos sometidos a cualquiera de los dos trata-  
mientos térmicos permanecieron por 12 meses sin alteración al --  
guna.

Las mermeladas se envasaron en caliente sellando los frascos -- inmediatamente e invirtiendolos tan luego se tapaban. Se hicie-  
ron pruebas a estos productos sometiéndolos a tratamientos simi-  
lares a los mencionados anteriormente y un tercer lote se dejó-  
sin tratamiento. El resultado fue que tanto las mermeladas some-  
tidas a tratamiento como las que no lo fueron permanecieron sin  
alteración alguna durante 10 meses y se conservaron todas las -  
características. Esto nos indica que efectuando correctamente -  
el envasado y sellado en caliente no hay necesidad de tratamien-  
to térmico posterior a las mermeladas, siempre y ... --

cuando los sólidos solubles se conserven arriba de 67°Bx.

k).- Xoconostle Cristalizado

En la elaboración del Xoconostle Cristalizado encontramos que el reforzado previo de los Xoconostles, con formación de sulfato de calcio, permite recortar el tiempo de elaboración al ocupar el sulfato espacio en el interior de la fruta desalojando parte del agua contenida en su interior y reduciendo así la cantidad de azúcar que tiene que ser absorbida por ósmosis por la fruta. En la cristalización de otras frutas, el tiempo de inmersión empleado comúnmente es de 24 horas en cada jarabe. Lo más importante de éste reforzado es que nos permite aumentar la concentración del primer jarabe y recortar el tiempo de inmersión en él.

El secado a que sometimos las frutas al final del proceso de confitacion permitió que la solución de azúcar formada en el interior de la fruta aumentara su concentración al eliminar agua de la fruta. Esto permitió reducir el tiempo de inmersión en cada jarabe.

La adición de pequeños cristales de sacarosa dió buenos resultados pues permitió una cristalización más rápida y homogénea; el secado y evaporación de agua posterior procuró una última cristalización residual que evita que las frutas ya cristalizadas pudieran escurrir jarabe sin cristalizar.

Las frutas cristalizadas por el método aquí propuesto no fueron muy diferentes a las cristalizadas por el método tradicional y permite disminuir el tiempo de elaboración de 7 - 10 días a solamente 2 días.

El tamaño de los cristales obtenidos, tanto por el método tradicional como por el método desarrollado en este trabajo, es grande y sería conveniente reducirlo.

## CAPITULO VII

CONCLUSIONES

El Estado de Querétaro cuenta con las condiciones adecuadas para el desarrollo abundante y de gran rendimiento de una industria del nopal pues sus suelos son los mejores para él y las condiciones climáticas son las requeridas por éstas plantas.

Se encontraron once especies de nopales Xoconostles, Opuntia - Spp., en el Estado de Querétaro y es posible que existan algunas más sin identificar. De éstas once especies identificadas son seis las que pueden ser empleadas para elaborar conservas.

Las cualidades que una especie de nopal Xoconostle debe mostrar para la producción de tunas destinadas a la elaboración de conservas son:

- 1.- Planta precóz y grande.
- 2.- Resistentes a las enfermedades y plagas.
- 3.- Resistente a la sequía extrema y a las heladas.
- 4.- De crecimiento profuso, no erecto, para facilitar la recolección.

De entre las descritas en este trabajo la Opuntia Heliabravo-

na, Opuntia Chata, Opuntia Chaveña, Opuntia Cianella, Opuntia Guilanchí y la Opuntia Leucotricha, son las más adecuadas para su proliferación.

Los frutos del nopal Xoconostle dan una gran cantidad de pulpa que es pobre en proteínas y rica en vitamina C.

Es factible hacer productos alimenticios con la pulpa de la tuna Xoconostle utilizando sólo azúcar y pectina. La elaboración de éstos productos no difiere grandemente de los procedimientos tradicionales.

Las conservas azucaradas de éste fruto presentan sus mejores características cuando la tuna empleada se encuentra en madurez firme. La tuna muy madura y la maltratada pero sana, se emplea para elaborar jugos o ates.

La tuna Xoconostle conservada de manera natural en jarabe o salmuera, permite su utilización como fruta para postre la primera y para preparar o saborizar otros platillos, la segunda.

Las mermeladas y ates elaborados con este fruto presentan características que los hacen susceptibles de comercialización. El Xoconostle cristalizado que se obtuvo por el método propuesto en éste trabajo no es diferente del que se obtiene por métodos tradicionales y se acorta el tiempo de elaboración. Sería conveniente obtener cristales pequeños con un proceso que induzca un enfriamiento rápido del conjunto en cristalización.

La esterilización de los productos de la tuna Xoconostle puede reducirse a una pasteurización debido al pH característico de la fruta. Estos productos pueden permanecer hasta un año en almacenamiento a temperatura ambiente sin alteración de sus características. Además de la pulpa, creemos que es posible utilizar toda la planta del nopal Xoconostle de la siguiente manera:

Las semillas de éste fruto son la parte más nutritiva pues contienen considerable cantidad de proteínas y grasas que pueden aprovecharse como alimento para ganado después de molerse finamente. Las características de la semilla hacen posible la extracción económica para la producción de aceite; como subproducto se obtiene una pasta que se puede utilizar como forraje.

La cáscara de la tuna Xoconostle y el recorte del nopal se puede utilizar para el ensilaje junto con otros desperdicios agrícolas como paja, rastrojo de maíz, etc. Las especies no utilizables como productoras de frutos para conservas podrán ser aprovechadas como plantas para ensilado o consumo directo en forma de forraje para ganado.

La fruta que no se corta permanece adherida a la planta hasta 3 años aún desarrollándose y, después de cortada se conserva sin gran pérdida de humedad y en perfectas condiciones hasta un mes a temperatura ambiente.

Es incuestionable que la industrialización del Género Opuntia es de gran importancia en vista de que el nopal se desarrolla

en tierras inadecuadas para cultivos. Este trabajo es parte de un proyecto cuyo objetivo final será la implantación de una planta agroindustrial que haga posible la creación de nuevas fuentes de trabajo en las zonas rurales y la utilización rentable de las tierras áridas y ociosas en el Estado de Querétaro; si bien, el aprovechamiento de éstas plantas puede extenderse a todas las zonas áridas de la República Mexicana.

## A N E X O 1

DETERMINACION DE PECTINA

- 1.- Pesar 800 g de pulpa, licuar y filtrar con manta de cielo; agregar 120 g de azúcar, agitar hasta disolución completa, calentar sin llegar a hervir.
- 2.- Filtrar la solución empleando papel filtro cualitativo poro abierto, tomar del filtrado muestras alícuotas de 200 ml y proceder como sigue:
- 3.- Acidular con 5% de HCl diluído (1:2).
- 4.- Adicionar 800 ml de etanol absoluto; mezclar y dejar en reposo por 3 días a temperatura ambiente.
- 5.- Decantar el alcohol limpio y separar el precipitado por --filtración con papel filtro cualitativo poro abierto.
- 6.- Lavar 3 veces el precipitado con alcohol etílico neutro de 80°G.L.
- 7.- Disolver el precipitado en 50 ml de agua destilada <sup>d</sup>templada (37°C) y filtrar para separar las materias colorantes y taninos, en caso de haberlos. Precipitar con 250 ml de etanol neutro de 96°G.L. o con 200 ml de etanol neutro absoluto. Lavar el precipitado una vez con alcohol neutro de 80°G.L.
- 8.- Disolver el precipitado en 100 ml de agua destilada hervi-

da. Efectuar sobre este líquido las siguientes determinaciones:

- 9.- Evaporar 50 ml en cápsula de platino (tarada a peso constante) en baño maría primero y luego en estufa a  $105^{\circ}\text{C}$ .
- 10.- Pesar el extracto obtenido (M). La diferencia da el peso del precipitado de materias pécticas más los metales y proteínas arrastradas en la precipitación con alcohol.
- 11.- Calcinar el precipitado hasta cenizas gris blanco y pesar, (C).
- 12.- Valorar los 50 ml restantes con NaOH 0.1N en presencia de fenolftaleína. Calcular con los ml gastados y considerando 170 mg como el miliequivalente del ácido péctico, la cantidad de ácido péctico libre.
- 13.- Saponificar los 50 ml valorados con 25 ml de NaOH 0.1N a  $25^{\circ}\text{C}$  o menos en matraz tapado. Reposar 3 horas a la temperatura ambiente.
- 14.- Adicionar 25 ml de ácido sulfúrico 0.1N con NaOH 0.1N y fenolftaleína. Correr un blanco de comparación. Con la diferencia del blanco y el problema, usando 190 mg como miliequivalente del ácido péctico esterificado, calcular éste.
- 15.- Calcular la concentración de la pectina pura sumando las cantidades de ácido péctico libre y esterificado.
- 16.- Calcular la concentración de gomas restando la pectina pura a las materias pécticas arrastradas.
- 17.- Calcular el índice de pureza o % de pectina pura en relación

ción a la cantidad de materias pécticas arrastradas.

- 18.-Calcular el Índice de esterificación o % de pectina esterificada en relación a la cantidad de pectina pura.
- 19.-En el líquido que sirvió para éstas valoraciones acidimétricas, concentrar a 10 ml y determinar el nitrógeno por el método Kjeldahl y multiplicar por el factor 6.25 para obtener la cantidad de proteínas arrastradas en la precipitación con alcohol (P). \*
- 20.-Calcular la cantidad total de materias pécticas precipitadas y arrastradas con alcohol de la siguiente manera:
- $$M - C - P = \text{Materias pécticas precipitadas.}$$

(\*).- La cantidad de proteínas arrastradas es necesario determinarla, sobre todo, en aquellas muestras que se sepa presenten gran cantidad de prótidos; aunque en el nopal-Xoconostle y en su fruto no existe gran cantidad de proteínas se llevó a cabo para que los porcentajes de pectina y otros fueran verídicos.

## / DETERMINACION DE LA FUERZA DE GELIFICACION DE LA PECTINA

Colocar en un tubo de ensayo de 50 ml, a 17 ml de pulpa filtrada sobre manta de cielo y agregar 17 ml de etanol de 95°G.L.- Agitar y dejar reposar por 3 minutos. Escurrir sobre la palma de la mano y amasar el coágulo.

Calificar la fuerza de la pectina según lo siguiente:

- 1.- Gel único o grumos gruesos abundantes: buena calidad de la pectina.
- 2.- Grumos medianos y sueltos: regular cantidad de pectina de mediana calidad.
- 3.- Grumos escasos, pequeños o sin grumos: insuficiente cantidad de pectina para formar gel de buena calidad.

DETERMINACION DE LA CONSISTENCIA DE LA MERHELADA

- 1.- Colocar el Spread-Meter sobre una superficie horizontal libre de vibraciones.
- 2.- Colocar la mermelada en el tubo de acero que se encuentra en el centro del aparato. Llenar perfectamente el tubo --- evitando que se derrame la mermelada.
- 3.- Levantar el tubo bruscamente para que se derrame la mermelada sobre la superficie del aparato. Contar 60 seg.
- 4.- Tomar 8 lecturas alrededor del Spread-Meter y sacar el promedio que es igual a la consistencia o viscosidad aparente en términos de la distancia máxima promedio a la que fluyó el producto.
- 5.- Los estándares<sup>\*\*</sup> establecidos de acuerdo al método empleado y al aparato en cuestión son:

Consistencia normal: 42 promedio máximo.

28 promedio mínimo.

(\*).- La muestra está constituida por mermelada con más de 24 - horas de haber sido elaborada.

(\*\*).- Son estándares usados para comparar las consistencias de mermeladas " de control " con las producidas en un lote de la empacadora.

B I B L I O G R A F I A

- (1) ANDERSON, E., SANDS, L., STURGIS, N. Some plant Gums of the --  
Southwestern United States. Am. J. Pharm., 97 .p.589-92 --  
USA (1925)
- (2) ASOCIACION MEXICANA DE MICROBIOLOGIA Y ESCUELA DE CIENCIAS  
QUIMICAS DE LA U.A.P., Producción celular de proteína uni-  
celular a partir del jugo de tuna. Boletín 8, LANFI, Méxii-  
co D.F. (1974)
- (3) A.O.A.C., ASOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS, -  
Official Methods of Análisis. Washington D.C. p. 367-379.  
USA (1970)
- (4) BRITTON AND ROSE , The Cactaceae, Publications Inc. N.Y. -  
p. 389-398-427 USA (1960)
- (5) BURBANK, Lu, Las Nuevas Opuntias de la Agricultura y la Hortu-  
cultura. Santa Rosa, Sonoma Co. California , p.1-25, ---  
USA (1979)
- (6) CASTANEDA RUIZ, F. Aprovechamiento de la Cochinilla del Nou-  
pal. Boletín LANFI 8, México D.F. (1978)
- (7) CAMACHO ARAUJO, A., Análisis sobre el Queso de tuna y la Beu-  
bida denominada Colonche. Tesis, Facultad de Ciencias Qui-  
micas, UNAM, México (1933)
- (8) CEPES, IEPES, Centro de Estudios Políticos, Económicos y -  
Sociales. Querétaro. Monografías de los Municipios del Esu-

- tado de Querétaro. Mayo, (1979).
- (9) COLIN-CANO, B., Industrialización del Nopal y sus Productos, Boletín 12, LANFI, México D.F. (1976)
- (10) CONAZA, Comisión Nacional de las zonas áridas. Informes de los proyectos de CONAZA en las zonas áridas del Estado de Querétaro. Febrero (1979)
- (11) DEL CAMPO, M. R., Las Cactáceas entre los Mexicanos, Cactáceas y Suculentas Mexicanas 2(2). p. 27-38 México D.F. -- (1957)
- (12) DETENAL, FAVREC, INAH, SAHOP, . Documentación, Cartografía y Referencias especiales. (1979)
- (13) EMBERGER, L., El Concepto Matemático de la Aridez, Asociación Mexicana de Geografía, p. 38-41 México D.F. (1956).
- (15) FOWLER, G. J., The Prickly Pear Problem, J. Indian Institute Sc. 6, p. 173 - 84 USA (1924).
- (14) ETRETTA, MUSIÑO., Los climas tipo de la República Mexicana. Modificación ala fórmula de Emberger, Asociación Mexicana de Geografía, p. 23 - 27 México D.F. (1956).
- (16) GARCIA QUINTERO, A., Hidrología de las zonas áridas de México. Inst. Mex. Rec. Nat. Renov. A.C. p. 41 - 52 México -- D.F. (1955)
- (17) GRANGE, C., Conservas Alimenticias, Editor Gustavo Gili S.A. Barcelona España, p.
- (18) GRIFFITHS, D., HARE, R. F., El Nopal y otros Cactus como Alimento para el Ganado. Boletín 60, Colegio de Agricultura y

- Artes Mecánicas, Santa Fé, Nuevo México, USA (1966)
- (19) DIACONO, H., MASSA, V.A., New Source of Pectin. Ann. Phar.-  
Franc. 6, p. 457-61, (1948), Chem. Abstr. 43. p.63-68 ,USA  
(1949)
- (20) INTERNATIONAL ENZYME CO. Pectin Enzymes, Technical Data.-  
Bull. 177. Chicago ILL. USA (1978)
- (21) JACOBS. Chemical Analysis of Foods and Foods Products, 3a.  
Ed. Robert E. Krieger Publishing Co. N.Y. p. 482-484, 509-  
558. USA (1976)
- (22) LOZANO, M.G., Contribución al Estudio e Industrialización -  
del Nopal (Opuntia Spp.) Tesis. Escuela Superior de Agri -  
cultura Antonio Narro, Universidad de Coahuila. México -  
(1958)
- (23) \_\_\_\_\_, Lo que se sabe y lo que no se sabe acerca del  
Nopal. Apuntes inéditos. Biblioteca del Instituto del De -  
sierto de la U.A.S.L.P., México (1976)
- (24) \_\_\_\_\_, Consideraciones sobre el estudio del Nopal, -  
Apuntes inéditos. Biblioteca del Instituto del Desierto -  
de la U.A.S.L.P., México (1976)
- (25) MEDELLIN, F., Obtención de Aguardientes a partir de Mosto -  
de Tuna. Tesis. Facultad de Química de la U.A.S.L.P. Méxi -  
co. (1966)
- (26) MALDONADO, J.L., ZAPIEN, B.M., El Nopal en México, Boletín -  
4, LANFI, México D.F. (1978)

- (27) PACZKA, A., Conservación y Aprovechamiento de Productos -- Alimenticios. 2a. Ed. Bartolomé Trucco Editor. p.89-110 , - 143-165 México D.F. (1953)
- (28) PAREDEZ LOPEZ, D., VITAL BORI, G., COMARGA RUBIO, E., La In - fluencia del Oxígeno disuelto sobre la producción de Bioma sa a partir de la fruta del Nopal. Departamento de Biotec n - ología, LANFI, Boletín en prensa, México D.F. (1978)
- (29) PEARSON, D. Laboratory Techniques in Food Análisis, Buter er - worth and Co. Publishers Ltd. London Inglaterra. p. 257 -- (1976)
- (30) PIÑA LUJAN, I., Producción de tuna para fruto en el Estado de Oaxaca. Boletín LANFI-COPRODEO p. 9-15 México D.F. (1976)
- (31) POTTER, N. La Ciencia de los Alimentos. Edutex S.A. México D.F. p. 574 . (1978)
- (32) RAMIREZ, M.E., Cultivo, Explotación y Aprovechamiento del Nopal. Boletín 10 LANFI-IPN-COFAA-SEDICT, México D.F. (1976)
- (33) RAUCH, G.H. Fabricación de Mermeladas. Acribia, Zaragoza - España. p. 49-64 (1975)
- (34) RIVEREAU, J.G., PEYNAUD, E. Análisis de Vinos. 2a. Ed. Aguilar p. 231-33, Buenos Aires, Argentina (1963)
- (35) ROJAS, G.R., PIÑA LUJAN, I. Industrialización de algunas -- Cactáceas y otras Suculentas. Boletín 7 LANFI p. 2-5, Méxi co D.F. (1976)
- (36) SANCHEZ, S.O. La Flora del Valle de México. Herrero S.A. - México, p. 235-237 (1976)
- (37) SCHEINVAR, L. Apuntes y Observaciones sobre los nopales y -

- Cactáceas. Archivo del Jardín Botánico Exterior de la UNAM, (1979)
- (38) SCHEINVAR, L. *Opuntia Heliabravoana*, Una nueva especie de - *Opuntia*. Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica- 45(1) UNAM. p. 75-86 México D.F. (1974)
- (39) SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. Censo Estatal de Población y Desarrollo. Abril (1979)
- (40) MITCHEL, S.R. Análisis Químico de Algunas Cactáceas, Estación experimental de Nuevo México. Boletín 60, Colegio de - Agricultura y Artes Mecánicas de N.M. Santa Fé. USA (1966).
- (41) TORAL, C., Estudio de la Obtención de Pectina a partir del Nopal. Tesis. Colegio Franco Mexicano. Monterrey N.L. México. (1955)
- (43) VILLARREAL, F., Estudio Químico sobre seis especies de Nopales (*Opuntia* Spp.), Ciencia, México., 22(3), p.59-65 (1963)
- (44) ZERTUCHE, R. El Nopal y sus Nutrientes. Boletín 10 LANFI - México D.F. (1974).