

TENDENCIAS ACTUALES Y FUTURAS EN EL PROCESAMIENTO DEL NOPAL Y LA TUNA

Joel Corrales García
Claudio A. Flores Valdez



Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas
de la Agroindustria y la Agricultura Mundial

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Septiembre del 2000

El CIESTAAM realiza y fomenta la investigación económica, sociológica y tecnológica referida a la agroindustria y la agricultura mexicana e internacional. Desarrolla funciones académicas en la formación de investigadores y docentes de alto nivel en los campos de la Economía, Sociología y Desarrollo de Tecnología Agropecuaria y Agroindustrial. Igualmente realiza acciones de extensión y servicio, que lo vinculan con instituciones públicas y privadas, así como con productores rurales organizados de distintos lugares del país, le permiten contribuir al progreso material y cultural de los mismos.

EL TLCAN Y LA INOCUIDAD ALIMENTARIA EN LA INDUSTRIA CÁRNICA MEXICANA

Ema Maldonado Simán

Myriam Sagarnaga Villegas

Comité Editorial

Rita Schwentesius Rindermann

Manuel Ángel Gómez Cruz

Claudio Flores Valdez

Elba Pérez Villalba

José Luis Meléndez Ibarra

Arturo Trejo Villafuerte

Beatriz Cavallotti Vázquez

Primera edición en español, Año 2000

ISBN: 968-884-737-2

© Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas
de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (PIAI-CIESTAAM),
Universidad Autónoma Chapingo
km. 38.5 Carretera México-Texcoco
C.P. 56230, Chapingo, Edo. de México.
Tel. y Fax (01-595) 5-02, FAX (01-595) 2-16-13
E-mail: ciestaam@taurus1.chapingo.mx

Derechos reservados conforme a la ley
Impreso y hecho en México.

TENDENCIAS ACTUALES Y FUTURAS EN EL PROCESAMIENTO DEL NOPAL Y LA TUNA



Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y
Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura
Mundial (CIESTAAM)



PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIO EN NOPAL Y TUNA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Septiembre de 2000

TENDENCIAS ACTUALES Y FUTURAS EN EL PROCESAMIENTO DEL NOPAL Y LA TUNA

Joel Corrales García
Claudio A. Flores V.

ÍNDICE

	<i>Pág.</i>
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. Importancia del nopal y la tuna	7
1.2. Ventajas y racionalidad técnica de la industrialización	8
1.3. Descripción general y objetivo del trabajo	11
2. PRODUCTOS INDUSTRIALES DEL NOPAL Y LA TUNA	11
2.1. Usos tradicionales no alimentarios del nopal	11
2.1.1. <i>Clarificante de agua</i>	11
2.1.2. <i>Adherente para encalados</i>	12
2.2. Productos de la industria alimentaria tradicional-artesanal de la tuna	12
2.2.1. <i>Queso de tuna</i>	12
2.2.2. <i>Melcocha</i>	14
2.2.3. <i>Colonche</i>	14
2.3. Productos de la industria alimentaria tecnificada, del nopal y la tuna	15
2.3.1. <i>Nopalitos en salmuera</i>	16
2.3.2. <i>Nopalitos en escabeche</i>	18
2.3.3. <i>Salsas de nopalito</i>	19
2.3.4. <i>Otros alimentos de nopal</i>	20
2.3.5. <i>Mermelada de nopalito</i>	23
2.3.6. <i>Mermelada de tuna y similares</i>	24
2.3.7. <i>Salsas de tuna</i>	26
2.3.8. <i>Dulces de tuna y nopalito</i>	26

2.4. Bebidas de tuna y nopalito	27
<i>2.4.1. Jugos</i>	27
<i>2.4.2. Néctares y jarabes</i>	29
<i>2.4.3. Bebidas alcohólicas</i>	29
2.5. Productos medicinales del nopal	32
<i>2.5.1. Cápsulas, harina y comprimidos</i>	33
2.6. Productos cosméticos elaborados a base de nopal	34
<i>2.6.1. Champúes, acondicionadores, jabones, cremas, geles adsorbentes, lociones y mascarillas</i>	34
2.7. Productos artesanales del nopal	36
<i>2.7.1. Canastas de la fibra del cladodio</i>	36
2.8. Productos de la industria extractiva y de la biotecnología de la tuna y el nopal	36
<i>2.8.1. Mucílago, pectina, colorantes, azúcar y aceite</i>	37
2.9. Productos de la industria forrajera del nopal	41
<i>2.9.1 Pasta de cáscara de fruta, pasta de semilla y proteína unicelular</i>	42
3. CONCLUSIONES	43
4. LITERATURA CITADA	45

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Importancia del nopal y la tuna

Por nopal se conoce a plantas de los géneros *Opuntia* y *Nopalea*, ambos de la familia *Cactaceae*, que es originaria de América. Algunas especies y variedades de estos géneros ya estaban domesticadas por los indígenas de los reinos de Mesoamérica a la llegada de los españoles. A partir de la conquista, las mejores variedades fueron llevadas por los conquistadores a Sudamérica y al resto del mundo, habiéndose adaptado muy bien a las condiciones áridas y semiáridas de casi todo el mundo.

Actualmente, el nopal tiene múltiples usos, entre los que se encuentran los siguientes:

Como frutal. Para producción de tuna, fruto del nopal, esta cactácea, se cultiva en diversos países: México (67,000 ha), Italia (2,500 ha), Sudáfrica (1,500 ha), Chile (1,000 ha), Colombia (300 ha), Israel (250 ha), Estados Unidos de América (200 ha), entre otros países (Figuras 9 y 10).

Como hortaliza (nopalito). Con este propósito el nopal se cultiva en México (10,500 ha) y en Estados Unidos de América (150 ha) (Figuras 11 y 12).

Como planta forrajera. El nopal se cultiva en muchos países para uso forrajero: Brasil (500,000 ha), Sudáfrica (350,000 ha), México (150,000 ha, además 3'000,000 ha de nopaleras silvestres las cuales se usan para la obtención de forraje), Túnez (75,000 ha), Marruecos (10,500 ha), Argentina (10,000 ha), Estados Unidos de América (1,000 ha, además de 500,000 ha de nopaleras silvestres). De otros países, como Argelia, Libia, Egipto, Jordania, Etiopía, Namibia, Mozambique, etc., no se dispone de información sobre superficies cultivadas de nopal con fines forrajeros.

Como sustrato para la producción de grana de cochinilla. La cochinilla (*Dactylopus coccus* Costa) es un insecto que produce el carmín, un colorante rojo que ha vuelto a tomar importancia, a raíz que se prohibieron, por considerarlos cancerígenos, los colorantes artificiales FD&A N° 2 y N° 4 en 1976. Se cultiva nopal para producir grana en Perú (70,000 ha), Bolivia (1,000 ha),

Chile (500 ha), España (300 ha en Islas Canarias), Sudáfrica (100 ha), Argentina (50 ha) y México (10 ha).

Como planta medicinal: Se ha probado que los nopalitos y la cáscara de una tuna ácida (el xoconostle) abaten los niveles de azúcar y colesterol en la sangre, por lo que su consumo en fresco, cocinado y procesado industrialmente se ha acrecentado en México.

Como materia prima en la producción de cosméticos. En México y otros países se fabrican, de nopal o de la tuna, cosméticos, como: champú, acondicionadores, jabones, cremas, lociones, mascarillas, geles, etc.

Como materia prima para elaborar bebidas alcohólicas. En México, Estados Unidos de América, Italia, Perú, Chile, Dinamarca, etc., se utiliza el nopal y sobre todo la tuna para fabricar “vinos” y licores (aguardientes).

Como cerco. La utilización de las variedades espinosas de nopal para formar cercos en los huertos familiares y en los predios ganaderos es común y muy antigua en México.

Para la conservación del suelo. El nopal se utiliza en muchos países para proteger el suelo de la erosión hídrica y eólica, y evitar la desertificación en zonas áridas y semiáridas, formando “setos” en curvas de nivel, que soportan las condiciones del medio árido caracterizado por una precipitación pobre e irregular y alta oscilación térmica diaria y anual.

Por todo lo anterior, se considera al nopal como uno de los recursos genéticos de gran valor que México ha dado al mundo.

1.2. Ventajas y racionalidad técnica de la industrialización

Las principales razones de ser de la industrialización y del procesamiento de productos perecederos son: conservarlos en buen estado por más tiempo para su comercialización en mercados diversos y distantes; ampliar su disponibilidad a lo largo del año; regular los precios en casos de sobreoferta del mercado en fresco; dar valor agregado a los productos, generar empleos e ingresos que beneficien y arraiguen a los productores. Por lo anterior, la industrialización del nopal y de la tuna despierta mucho interés, dado que tecnológicamente es posible, además de que puede ser económicamente viable y rentable, dependiendo de algunos factores mercadotécnicos y organizacionales, especial-

mente por el beneficio que representa para los productores agrícolas marginales de las zonas desérticas.

Sin embargo, con este trabajo no se pretende fomentar la falsa idea de que la industrialización es la gran solución de todos los problemas, más bien lo que se plantea es la descripción del aprovechamiento integral del nopal y del potencial que cada producto derivado de esta planta tiene, con un enfoque realista, porque no se trata solamente de un problema tecnológico de la industria alimentaria que genere empleos en el sector agrícola, sino de que los productos tengan asegurado su mercado y que ello sea una verdadera opción de desarrollo. No se puede fincar ni alentar ninguna empresa si ésta no es rentable.

El aprovechamiento integral del potencial del nopal (planta) y de la tuna (fruto) a nivel agroindustrial abarca diversos productos a partir de las pencas, de las tunas y del nopal verdura o nopalito (Figura 1). De acuerdo con Corrales (1992), estos productos se pueden clasificar por el tipo de la industria que los procesa. Así se tienen las industrias: a) Artesanal, b) Químico-extractiva y biotecnológica (edulcorantes, aceite comestible y ácidos grasos, pigmentos, aditivos espesantes y gelificantes para la industria alimentaria, pasta forrajera, biomasa, fermentados y alcoholes destilados, entre otros productos), c) Alimentaria, (rústico-artesanal o tecnificada) y recientemente se ha propuesto estudiar y tecnificar la obtención de alimentos mínimamente procesados, derivados del nopal, de la tuna y de otras cactáceas, d) Farmacéutica y e) Cosmética. Sin embargo, a pesar de esta gran variedad de alternativas de aprovechamiento, solamente los cosméticos, algunos medicamentos o fármacos y los alimentos procesados en forma rústica (queso de tuna) o en forma tecnificada (salmueras, escabeches, salsas, jugos pasteurizados, licores, mermeladas, confitados y productos cortados frescos o mínimamente procesados) han tenido un desarrollo de cierta relevancia en países como México, Italia, España, Estados Unidos de América, Chile, Argentina y Perú, entre otros.

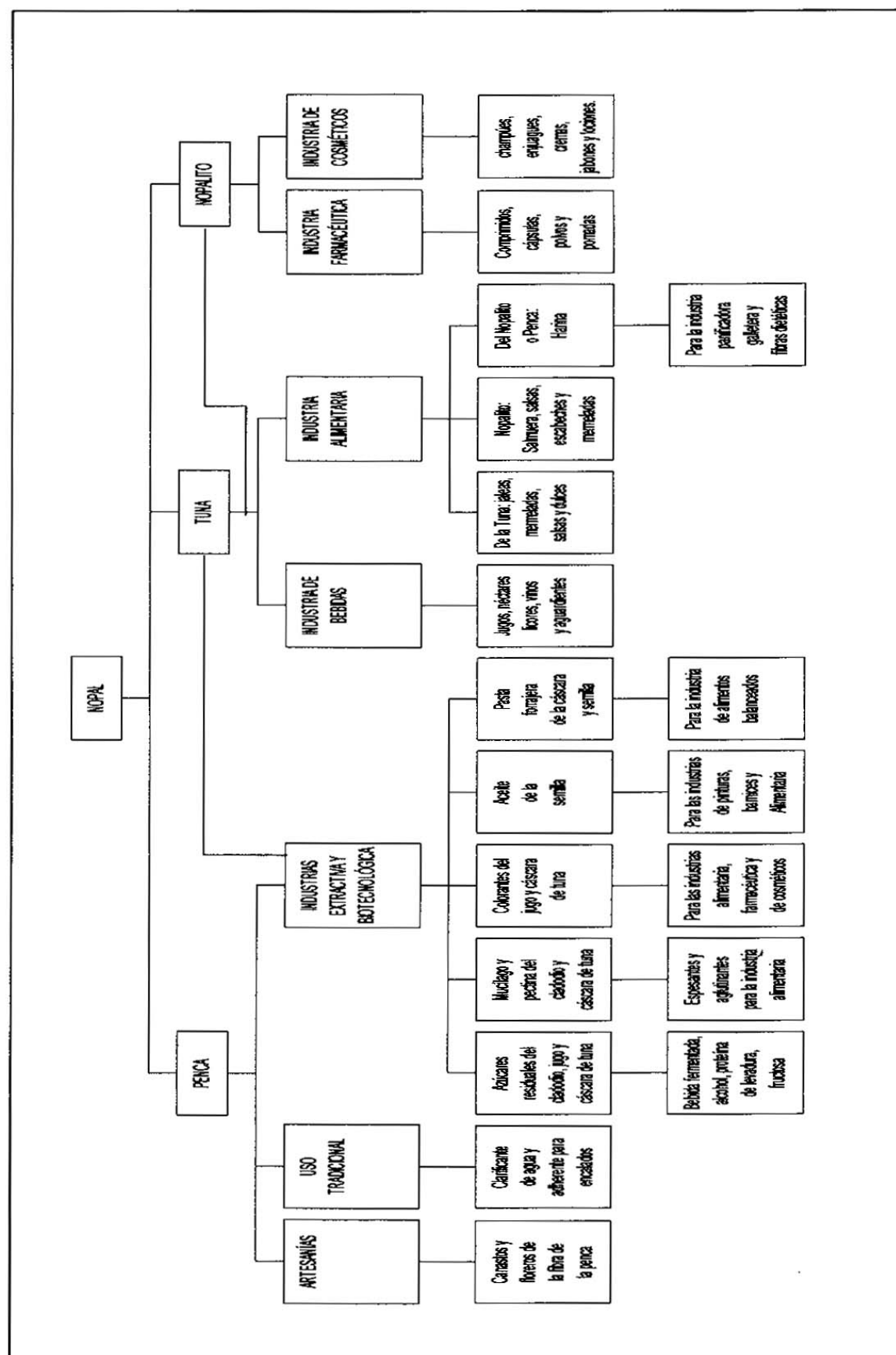


Figura 1. Productos del procesamiento integral del nopal (Corrales y Flores, 1996).

1.3. Descripción general y objetivo del trabajo

El objetivo de este trabajo es describir los procesos de elaboración de los productos, señalar los países en que se producen y presentar una panorámica de la situación actual, de las perspectivas de la industria y del mercado de los productos industriales del nopal y de la tuna, enfatizando en aquellos con mayor potencial.

Finalmente es necesario aclarar que el nivel de la descripción de los procesos de elaboración de los productos, es suficiente para su comprensión por el sector interesado, pero es incompleto para la instalación y puesta en marcha de una planta industrial, para lo cual se deberá elaborar la ingeniería del proyecto por un especialista en agroindustrias (previamente se deberá contar con un estudio de mercado).

2. PRODUCTOS INDUSTRIALES DEL NOPAL Y LA TUNA

2.1. Usos tradicionales no alimentarios del nopal

2.1.1. Clarificante de agua

El uso tradicional que en México y en otros países se le ha dado a las pencas como clarificante de agua, aprovecha las propiedades de adsorción del mucílago y de las gomas de las pencas para aglutinar y precipitar arcillas y materiales orgánicos en suspensión del agua turbia, sin embargo, con las pencas sólo se le quita gran parte de la turbidez al agua, pero no significa de ninguna manera que el agua así tratada sea potable. De acuerdo con Bobby Crabb, citado por Cárdenas *et al.* (1997) el mucílago del nopal puede funcionar como un agente clarificante del agua de beber en la misma forma que lo hace la goma de okra.

El proceso de clarificación del agua es muy simple, existiendo dos formas básicas: una consiste en descuticulizar las pencas de nopal para dejar al mucílago expuesto al contacto directo con el agua, la otra forma consiste en picar las pencas para tener el mismo efecto.

El nopal como clarificante de agua se emplea en México, Chile, Argentina (Ochoa, 1997) y seguramente en otros países. Actualmente, en México este

uso es muy reducido, debido a que la gran mayoría de las comunidades dispone de agua entubada, sólo en algunas rancherías en que la población se abastece de represas, donde también abreva el ganado, al agotarse éstas, el agua se enturbia mucho y cuando no se dispone de otro sistema de filtrado (por ejemplo de filtros de cantera), se utiliza el nopal. Actualmente no existen industrias para obtener clarificante de agua a partir del nopal y no se ven perspectivas comerciales para este producto, sin embargo, su uso rústico seguirá en comunidades marginadas.

2.1.2. Adherente para encalados

En este caso se aprovechan las propiedades adherentes del mucílago y gomas de los cladodios del nopal para reforzar la adherencia de la cal, se utiliza en México desde antes de la conquista española. El proceso más comúnmente utilizado consiste en dividir en dos las pencas, de manera que la mayor parte del tejido parenquimatoso quede expuesto y estas mitades son colocadas dentro del recipiente donde se tiene el agua con cal, y así ocasionar que el mucílago excretado por las pencas se incorpore a la lechada, para lo cual ésta se agita periódicamente, antes de proceder al encalado. La lechada así preparada se emplea sobre todo en el medio rural para mejorar el encalado en paredes de casas habitación, de bardas de piedra o de mampostería y troncos de árboles; también se ha reportado su uso en Chile (Sudzuki, 1992), y en Argentina (Hoffmann, 1995). Actualmente, en México no existe una industria que fabrique productos utilizando la capacidad adherente de los mucílago y gomas del nopal, existen experiencias a nivel de laboratorio en la fabricación de pintura vinílica utilizando el nopal (Rodríguez *et al.*, 1995). Se desconoce la factibilidad económica del uso del nopal para obtener adherentes industrialmente.

2.2. Productos de la industria alimentaria tradicional-artesanal de la tuna

2.2.1. Queso de Tuna

De la industria alimentaria de la tuna, el producto artesanal más importante es el queso de tuna, que es elaborado con el fruto recolectado de nopal silvestre, denominado nopal Cardón (*O. Streptacantha* Lemaire) (Figuras 13 y 14), el queso de tuna es un gel semisolidificado de color café claro u oscuro, de consistencia firme. Este producto se vende en trozos de diversos tamaños y puede conservarse a temperatura ambiente por períodos de hasta dos años sin

sufrir mayores alteraciones (se considera un alimento de humedad intermedia). El queso de tuna suele comercializarse a granel, solo o adornado con cacahuates, nueces, piñones, pasas, etc., sin envoltura o envuelto en papel de estaño y celofán. Puede conseguirse durante todo el año en los mercados locales de Zacatecas, Aguascalientes y San Luis Potosí (entidades federativas de México) y en tiendas especializadas en dulces regionales de México.

De acuerdo con Corrales (1992), la forma de preparación consiste en cortar las partes de penca que tienen frutos maduros (cáscara rojiza), luego estos se separan de las pencas y se pelan (remoción de la cáscara) manualmente con ayuda de un cuchillo, luego se despulpan mecánicamente para separar las semillas. La pulpa y el jugo se calientan en un cazo de cobre a fuego directo hasta alcanzar una consistencia masosa y una concentración de aproximadamente 80°Brix. El proceso puede durar de 5 a 12 horas (dependiendo de la cantidad y adiciones periódicas de jugo) tiempo durante el cual se agita constantemente el jugo con una pala de madera para evitar que se pegue y se queme la masa o pasta formada; el punto final se determina cuando se ha alcanzado el punto de “espejo”, es decir, cuando al mover la pasta con la pala se puede observar el fondo del cazo. Una vez que se alcanza la concentración deseada se retira del fuego y se continúa agitando hasta enfriar. A este producto resultante de alta viscosidad se le denomina “melcocha”. Porciones pequeñas de melcocha fría se amasan manualmente, esta porción se golpea con fuerza sobre una piedra grande, lisa y humedecida, hasta que cambie de color (se torna más clara) y ya no se adhiera a la piedra. Durante el amasado se pierde humedad, lo que finalmente facilita el moldeado de la masa resultante, de la cual se colocan fracciones adecuadas en moldes rectangulares o cilíndricos de madera humedecidos, en los que permanece de 12 a 15 horas y luego se les envuelve en papel de estraza para su presentación provisional, variando las piezas de 0.5 a 12 Kg de peso por pieza.

La melcocha y el queso de tuna son producidos principalmente por campesinos de escasos recursos económicos, quienes complementan sus ingresos con la venta de estos productos a comerciantes localizados en mercados o confiterías de las ciudades grandes, normalmente a precios muy bajos. En México, la producción de queso de tuna ocurre desde julio hasta octubre, en forma empírica, sin controles del proceso, por lo que se obtienen productos muy variables en su calidad.

En Sicilia, Italia se fabrica un producto también de jugo y pulpa de tuna denominado “Mostarda di fichidindia”, al cual le adicionan canela y sémola (harina de trigo).

En México, debido a la disminución de las nopaleras silvestres de nopal cardón (*Opuntia streptacantha* Lemaire) y a la gran cantidad de mano de obra y tiempo que implica la elaboración del queso de tuna (cosechar, transportar, quitar la cáscara, despulpar y cocer el jugo), aunado al bajo precio que tiene el producto terminado, cada vez menos campesinos lo producen.

Los talleres artesanales (mieleras) donde se fabrica el queso de tuna carecen de las más elementales normas de sanidad, generalmente el piso es de tierra, las paredes y techos son de hojas de palma (*Yucca* sp) y en el lugar pulula una gran cantidad de moscas, por lo que la principal limitante que se ha tenido para exportar queso de tuna a los Estados Unidos de América, ha sido el alto número de bacterias que presenta, incluidas las coliformes.

En estas condiciones el número de talleres artesanales ha venido disminuyendo, debido a la cada vez mas baja demanda de queso de tuna ante la competencia de otros dulces nacionales e importados. No se ha desarrollado ninguna industria que elabore el queso de tuna en condiciones de sanidad adecuada, debido a que implica mayor costo de producción y también por el bajo precio al que se comercializa el producto. El mercado tiende a disminuir o en el mejor de los casos, se mantiene estático.

2.2.2. Melcocha

La melcocha o mermelada rústica de tuna cardona elaborada artesanalmente es un producto previo a la obtención del queso de tuna, la cual elaboran los productores de los estados de la región centro-norte de México sobre pedido, con una demanda que ha aumentado al ponerse de moda las empanadas (pan) rellenas de tuna. Sin embargo, la industria no ha crecido, ni en número de plantas, ni en capacidad instalada, mientras que el mercado se ha expandido y tiende a seguir creciendo.

2.2.3. El colonche

El colonche es un producto fermentado del jugo de tuna cardona, elaborado generalmente en ollas de barro usando el principio de fermento (cepas de *Saccharomyces* sp) tomado de la elaboración del día anterior. El jugo así pre-

parado se deja reposar de 10 a 12 horas para obtener una fermentación más rápida y regular; después se agrega el jugo de la tuna, separando las semillas y la pulpa, para lo cual se utiliza una manguera a manera de sifón. Así, el jugo empieza de inmediato a fermentar y a las pocas horas del trasiego está listo para su consumo. En este estado dura dos o tres días en condiciones satisfactorias; algunos productores, para ayudar a su conservación, le adicionan la hierba del pulque “timbe” (*Rhus shinoides*, de la familia de las Anacardiaceas) que proporciona además un sabor amargo por su contenido de taninos, con lo que se obtiene un colonche de mejor calidad (Valadez *et al.*, 1979).

El colonche es elaborado artesanalmente en la región centro-norte de México (en los estados de San Luis Potosí, Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco y Guanajuato), sin embargo, por ser su fabricación, distribución y comercialización actividades no legalizadas, perseguidas por los inspectores de alcoholes de la Secretaría de Hacienda del gobierno mexicano, su producción y mercado han disminuido notablemente, además, por la competencia con otras bebidas alcohólicas, como brandis, rones, tequilas y cervezas.

2.3. Productos de la industria alimentaria tecnificada del nopal y la tuna

Los principales productos de la industria alimentaria tecnificada son los nopalitos (nopal verdura), preparados en salmuera o en escabeche, así como las salsas de nopalito o de xoconostle (tuna ácida), los jugos pasteurizados de tuna y de tuna con otras frutas, además, mermeladas o confitados de nopalito, tuna o xoconostle y harina de nopalito, siendo los primeros (nopalitos en salmuera o escabeche) los más importantes por los volúmenes procesados. Además, recientemente han incursionado al mercado nuevos productos que se mencionarán más adelante.

El procesamiento de los nopalitos, (Figura 2) para cualquier presentación (nopalitos en salmuera o en escabeche, mermelada o confitado), se inicia con la recepción y el acondicionamiento de la materia prima, los nopalitos, deben ser de la mejor calidad y ya estar desespinados. El acondicionamiento consiste básicamente en escaldar y lavar los nopalitos, con el propósito de inactivar las enzimas y destruir los microorganismos que pudieran estar presentes, ablandar el producto y eliminar parte del mucílago. El escalde se puede realizar de dos maneras, hirviendo el nopalito en agua durante 30 minutos o pasándolo por un cilindro con vapor durante 10 minutos. Aquí es importante

ajustar el tiempo y la temperatura de proceso a las características de la variedad de nopalito que se tenga disponible. El nopalito del nopal silvestre, como el tapón (*Opuntia robusta* Wendl.), soporta mayores temperaturas y tiempo de cocción que el nopalito cultivado como el de la variedad Milpa Alta (*O. ficus-indica* L.). Al final, el producto se sumerge en agua fría y limpia, lo que implica un choque térmico que fija el color verde característico de los nopalitos preparados, además de que se elimina y el mucílago adherido (Corrales-García, 1998).

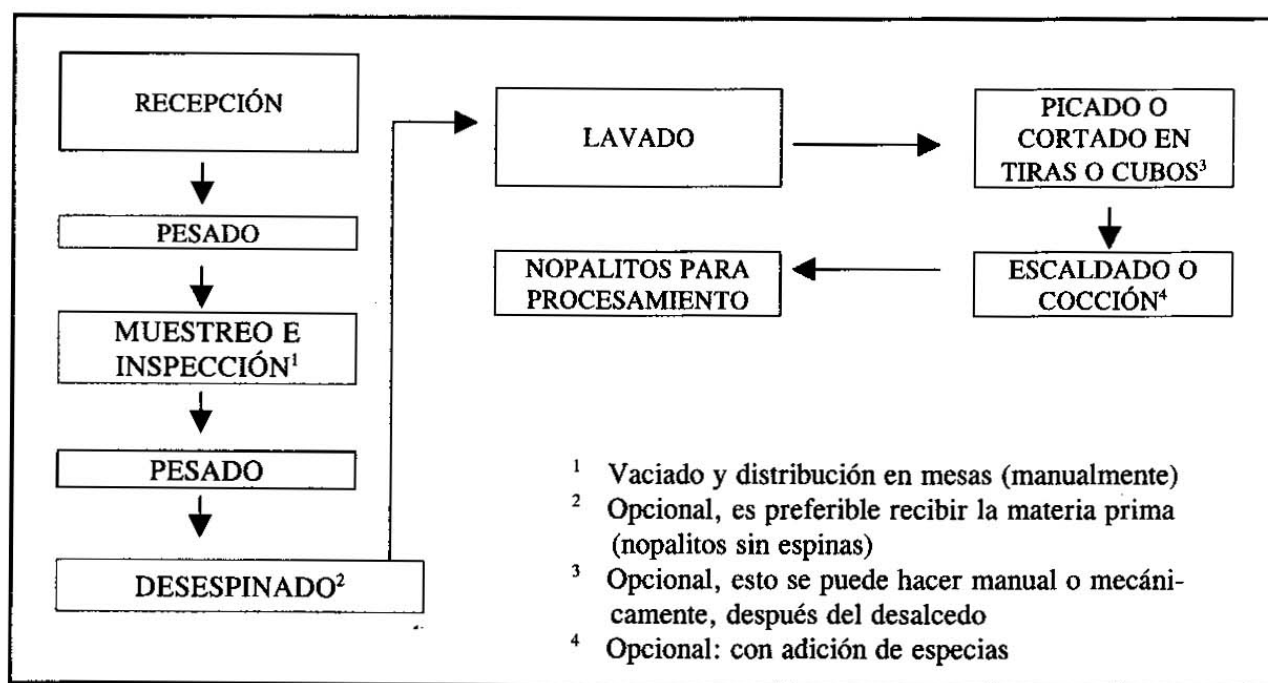


Figura 2. Esquema del proceso de acondicionamiento de nopalitos para su posterior procesamiento, ya sea en salmuera, escabeche, mermelada, u otra forma. Adaptado de Corrales-García (1998).

2.3.1. Nopalitos en salmuera

Son los nopalitos escaldados y conservados en solución salina (máximo 2% de NaCl), que se pueden emplear en la preparación de diferentes guisos, cuyo proceso de producción consiste en lo siguiente: Los nopalitos, ya acondicionados, en algunas empresas se salan en recipientes grandes o tanques con salmuera al 12 % en una proporción aproximada de 1.7 litros de salmuera por kilogramo de producto (Figura 3). Los nopalitos pueden permanecer en estos recipientes de 10 días hasta meses, dependiendo de la demanda. Durante este período es aconsejable verificar y mantener la concentración de la salmuera, agitarla diariamente y tapar bien los recipientes, para evitar contaminaciones y la decoloración del producto por acción de la luz. Al finalizar el salado, el

producto se lleva a la sala de proceso, donde se desala por medio de lavados, luego se selecciona, se pica (corte en tiras, cuadros o penquitas también llamadas baby nopalito) y se envasa en frascos, bolsas de polietileno, latas o cubetas de plástico, adicionando algunas especias y líquido de cobertura (salmuera al 2%) y, en ocasiones, conservador. Luego los envases se sellan, o se cierran al vacío previo agotamiento (en un *exhauster*) y se esterilizan en autoclave, se escurren hasta secarse y luego se etiquetan; finalmente, se empaacan en cajas de cartón para su comercialización, después del período cuarentenario. El producto también puede comercializarse a granel sin desalar. El rendimiento del proceso desde nopalitos con espinas hasta nopalitos en salmuera para la venta es de alrededor de 57%, dependiendo del proceso y de su desempeño. En México existen poco más de 20 empresas que elaboran nopalitos en salmuera y en los Estados Unidos de América, al menos tres (Figura 15).

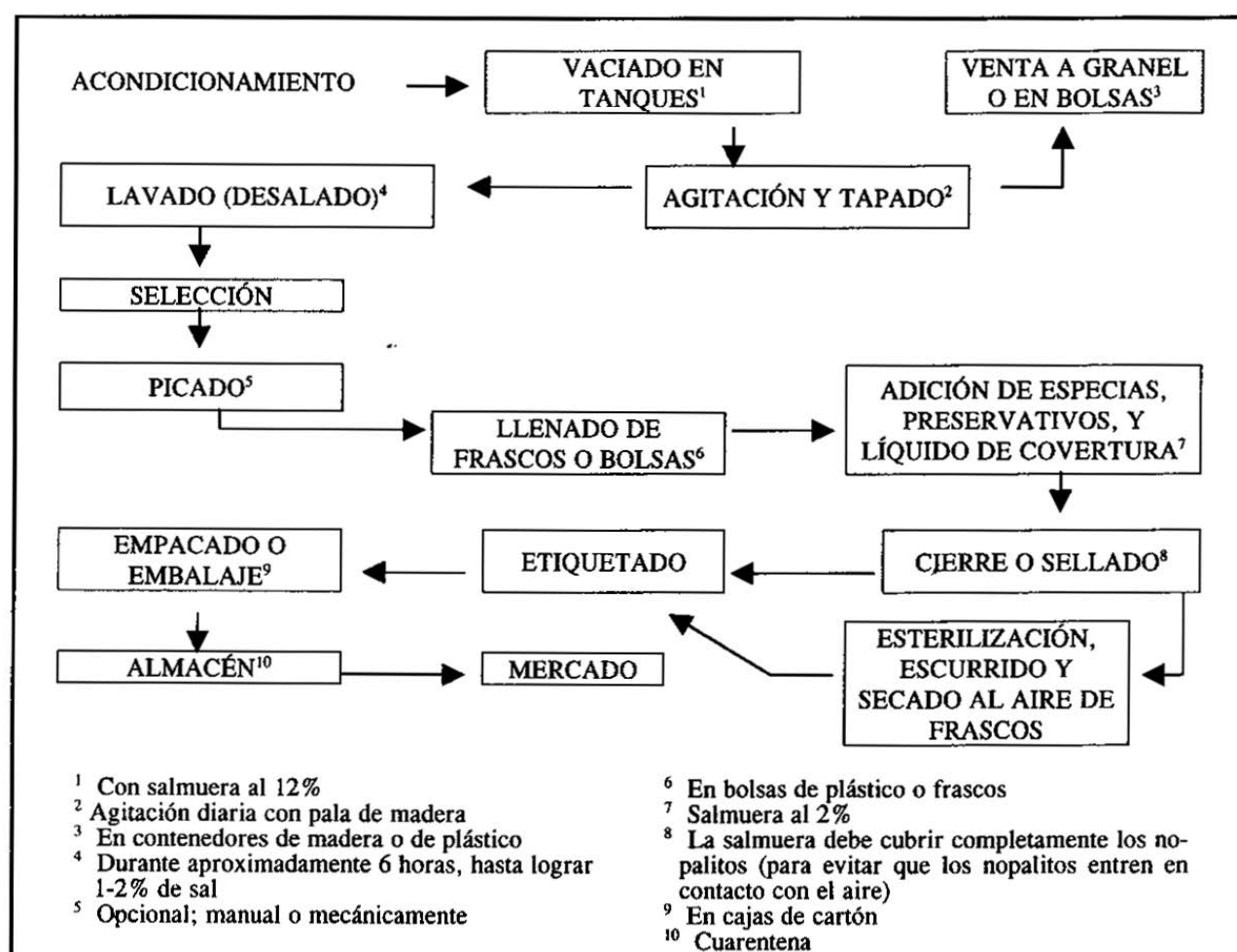


Figura 3. Esquema del procesamiento de nopalitos en salmuera. Adaptado de Corrales-García (1998).

2.3.2. Nopalitos en escabeche

Son nopalitos escaldados y conservados en vinagre aromatizado con especias (máximo 2% de ácido acético), solos o combinados con verduras y/o condimentados. El proceso consiste en lo siguiente: Los nopalitos, previamente acondicionados, se cortan o pican (manual o mecánicamente) obteniendo las mismas presentaciones de los nopalitos en salmuera; paralelamente se prepara el escabeche, que es una mezcla de vinagre (1.8 al 2.0 % de ácido acético) plantas aromáticas y aceite (Figura 4). Para ello, el vinagre se calienta hasta ebullición, a partir de lo cual se le adicionan las especias directamente o dentro de una bolsa de tela, dejando en ebullición por unos cinco minutos más para que el vinagre se aromatice. Por separado se prepara el “acitronado” que consiste en sofreír en aceite porciones de cebolla y zanahoria, ajos mondados y hojas de laurel. Enseguida se mezclan los nopalitos, el escabeche, el acitronado, y se agregan chiles y cilantro. El producto se envasa en frascos que luego se esterilizan en autoclave o en baño maría, se enfrían, se escurren hasta secarse y luego se etiquetan. Finalmente se acomodan en cajas de cartón para su almacenamiento, período cuarentenario y embarque al mercado. En México hay un poco más de 25 empresas que elaboran nopalitos en escabeche y al menos una en los Estados Unidos de América, (Figura 16).

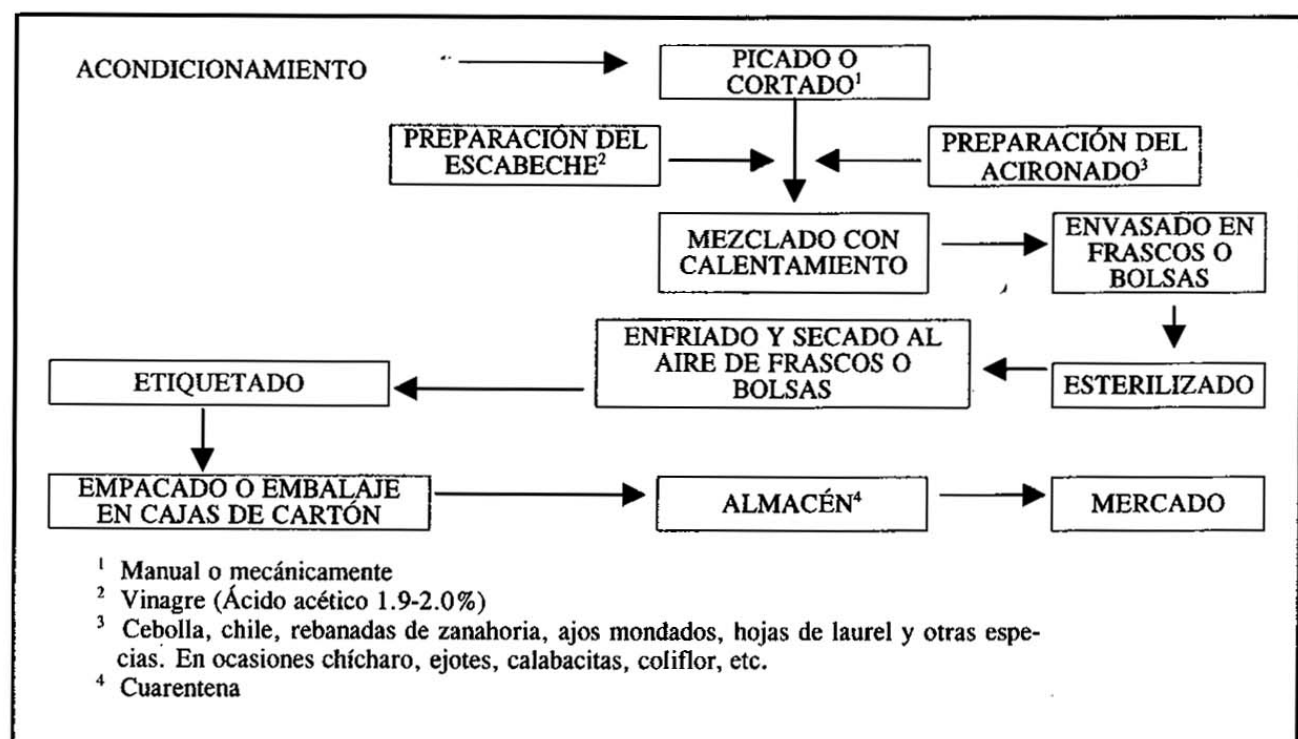


Figura 4. Esquema del procesamiento de nopalitos en escabeche. Adaptado de Corrales-García (1998).

Actualmente, los nopalitos (en salmuera o en escabeche) se consideran como una etnohortaliza ligada a la comida mexicana del centro del país, pero desconocida en el resto de América, así como en Europa, África, Asia y Oceanía, por lo que durante muchos años la principal población de consumidores fue la del centro de México y luego la de origen mexicano en general, por eso los destinos más importantes de las exportaciones eran los Estados Unidos de América y Canadá, particularmente a las ciudades donde se concentra la mayor población de origen mexicano. Esto ha cambiado debido a la expansión (“boom”) de la comida mexicana, primero en Norteamérica y luego en el resto del mundo, de manera que el consumo del nopalito en salmuera o escabeche se ha extendido notablemente y con ello crecido las exportaciones.

Los nopalitos en salmuera o escabeche se producen en México y en los Estados Unidos de América, sin embargo, en este último país, tanto en el estado de Texas como en el de California se cultivan principalmente variedades del género *Nopalea*, que tienen menos espinas, pero que presentan una cutícula más gruesa que las variedades de *Opuntia*, por lo que la aceptación de nopalitos de aquellas variedades es menor. La tendencia de la industria y del mercado de estos productos es al crecimiento, en la medida en que más consumidores de otras etnias aprecien la comida mexicana y con ella los nopalitos. Además, si se dan a conocer los atributos del nopalito en cuanto a que baja el colesterol y el azúcar en la sangre o ser un excelente factor de balance del sabor en ensaladas y alimentos muy condimentados, su mercado podría expandirse mucho más.

2.3.3. Salsas de nopalito

Las salsas de nopalitos son productos elaborados a base de nopalitos molidos con adición de chiles de algunas de las diferentes variedades existentes, tomate, cebolla, vinagre y especias en diferentes proporciones y en ocasiones con adición de un conservador (Figuras 5 y 17).

Antes del envasado puede haber un cocimiento o no. Los ingredientes varían algunas empresas incluyen otros vegetales o ingredientes como vino blanco, concentrado de limón, etc. Las salsas pueden presentarse con nopalito en trozos o molido, según sea la preferencia del mercado al que se destina.

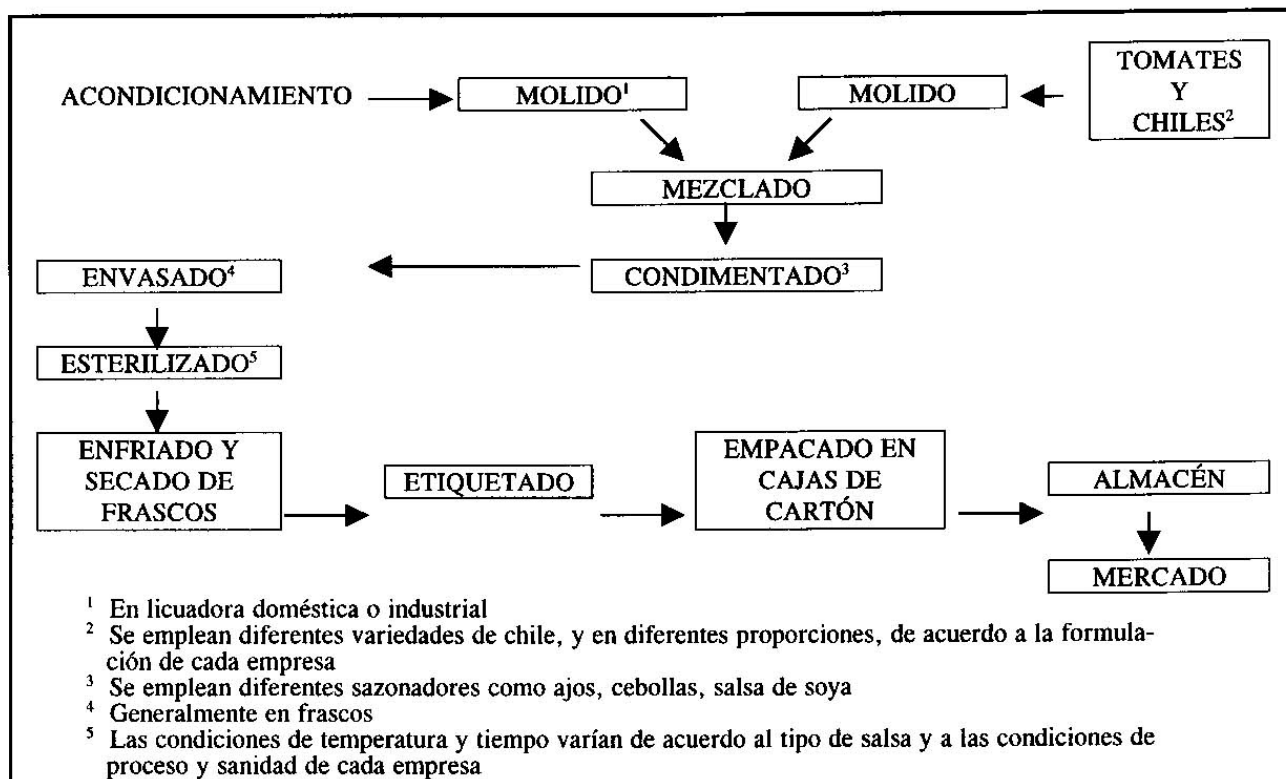


Figura 5. Esquema del proceso de elaboración de salsas de nopalito.

Se han detectado 15 marcas comerciales de salsa de nopalito, todas en los Estados Unidos de América (nueve de Texas, cinco de Arizona y una de California), lo cual se debe a la expansión de la comida mexicana. En México las amas de casa que acostumbren las salsas de nopalitos las elaboran el mismo día con ingredientes frescos y pocas veces las adquieren ya elaboradas en el mercado. Para los mercados de Norteamérica y otros países, las salsas de nopalito cada vez tendrán mayor demanda, en la medida que sea más aceptada la comida mexicana, en todo caso, para desarrollar los nuevos mercados será conveniente disminuir el contenido de chile picante en las salsas, además de implementar campañas de mercadotecnia.

2.3.4. Otros alimentos de nopal

Recientemente, en México han surgido una serie de alimentos procesados de nopal, como los siguientes (Figura 18):

- Nopalitos en salsa: Son nopalitos enlatados con diversas salsas como: nopalitos en salsa de chile de árbol o nopalitos en salsa de chile pasilla.
- *Pathe* de nopal con soya: Es un puré de nopalitos con soya texturizada y saborizada a carne de res o pollo. Este producto se envasa en frascos.

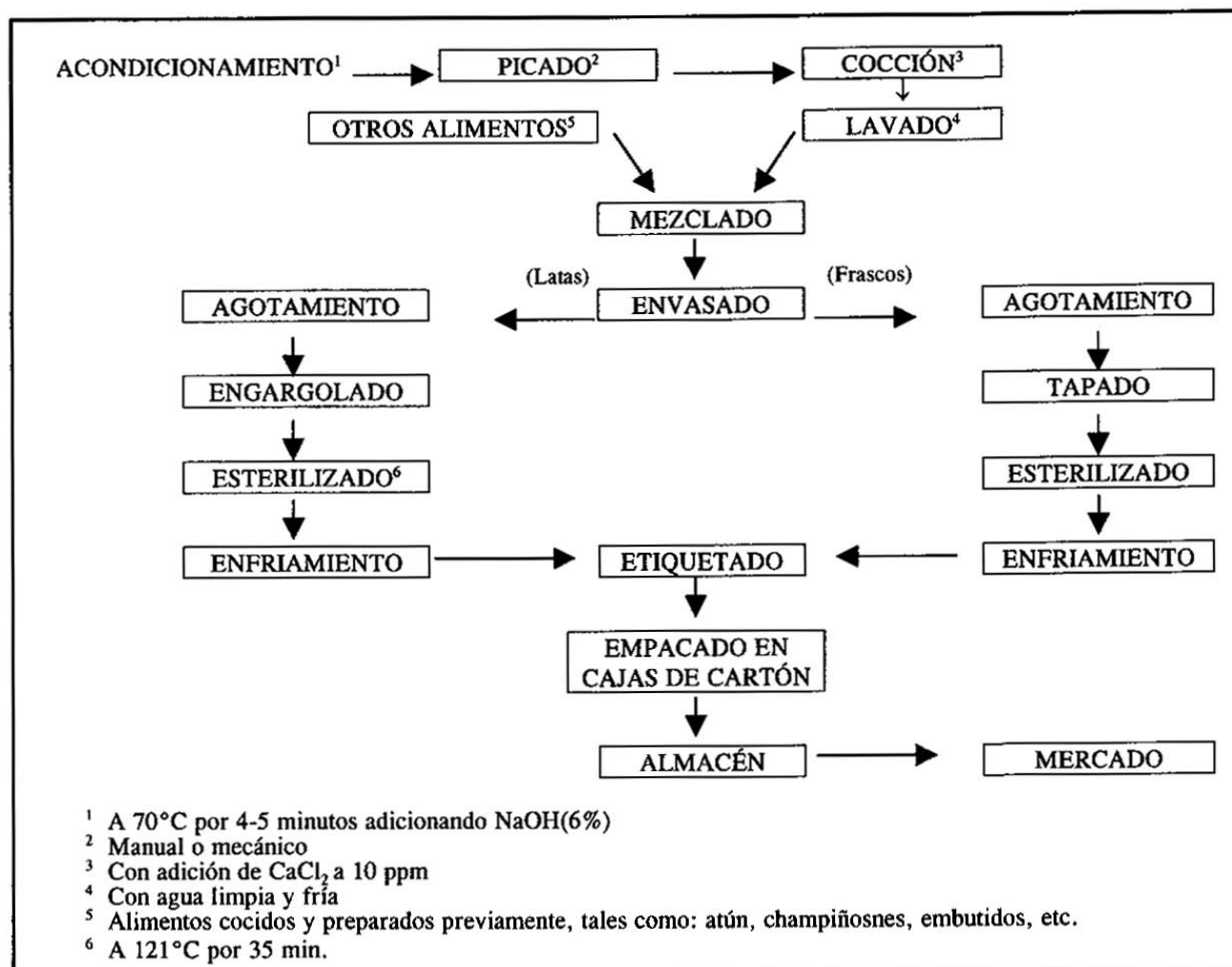


Figura 6. Proceso de elaboración de nopalitos con otros alimentos. Adaptado de Becerra, *et al.*, 1969, citados por Borrego y Burgos (1986).

Para facilitar el entendimiento completo de estas figuras, enseguida se definen o describen algunos conceptos:

“Agotamiento”: Reemplazar los gases por vapor de agua y favorecer la creación de vacío.

“Cerrado”: Consiste en colocar la tapa a los frascos o engargolar las latas para aislar el producto del medio ambiente.

“Esterilización”: Tratamiento térmico para reducir la carga microbiana para preservar el producto.

“Etiquetado”: Colocación de etiquetas para identificar el producto, su origen, su marca, etc.

Cereal con nopal. El cereal con nopal es un peletizado de harina de trigo, salvado de trigo y polvo de nopal deshidratado, con maltodextrinas; envasado en polietileno y caja de cartón, cuya principal aportación es fibra hidrosoluble. El proceso de elaboración se presenta en la Figura 7.

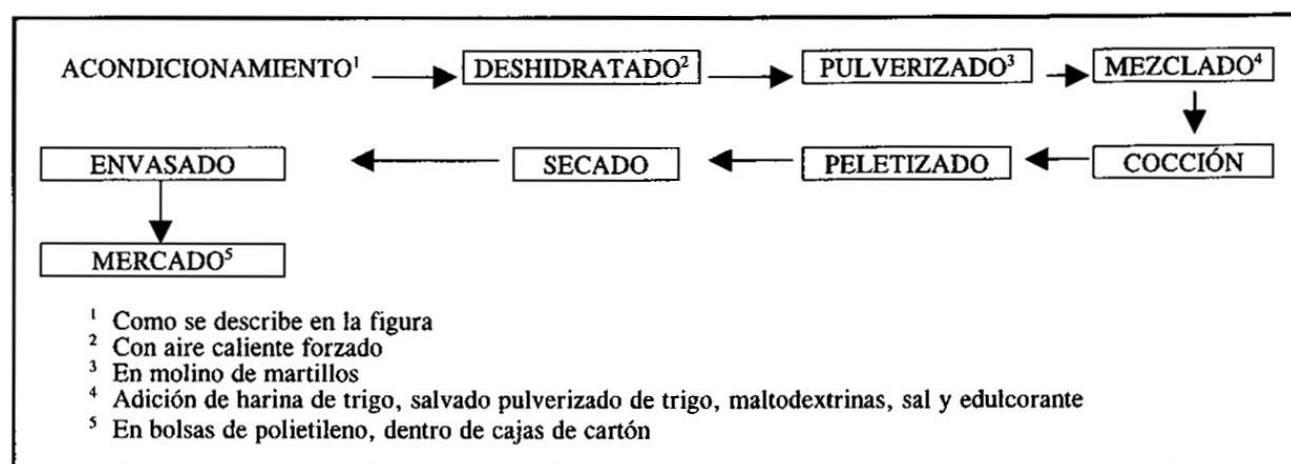


Figura 7. Proceso de elaboración de cereal con nopal (elaboración propia).

2.3.5. Mermelada de nopalito

Este producto se elabora a base de nopalitos bien molidos y cocidos con una concentración de azúcar que puede variar, pectina y conservadores. Su procesamiento consiste en picar el material previamente escaldado y luego someterlo a una segunda cocción. Los nopalitos bien cocidos se muelen en licuadora (industrial o casera). El licuado se pesa para llevar un control de rendimientos y calcular la cantidad de aditivos a añadir, luego se calienta para agregar gradualmente el azúcar a partir del punto de ebullición. Antes de terminar de agregar el azúcar se adiciona pectina lentamente, benzoato de sodio y ácido cítrico en diferentes proporciones, se mezcla bien y se termina de agregar el azúcar. La mezcla se sigue calentando con agitación continua (para evitar que el producto se pegue) hasta llegar a una concentración de 65 °Brix. La pectina debe agregarse disuelta en un jarabe (un gramo de pectina se disuelve en 10 ml de jarabe). Cuando se alcanzan los 65 °Brix, como mínimo, el producto se envasa en caliente (85°C) en frascos limpios y esterilizados previamente. Después del llenado, los envases se tapan y enfrían por inmersión en agua. Estos se pueden esterilizar con agua en ebullición (baño maría) durante 20 ó 30 minutos, con enfriamiento inmediato. Si no hay una buena formación de gel, se puede incrementar la relación pectina-ácido cítrico. Antes de cerrar los frascos se puede efectuar el agotado en *exhauster*, o bien adicionar antioxidantes permitidos para evitar la pérdida del color verde caracterís-

tico del producto que ocurre a nivel del cuello del frasco por el contacto con el oxígeno. Los frascos se secan para luego etiquetarlos y acomodarlos en cajas de cartón, se almacenan (cuarentena) y finalmente se embarcan al mercado.

Las mermeladas de nopalito se fabrican en México y en Estados Unidos de América. En México existen al menos 4 empresas fabricantes y en Estados Unidos de América al menos dos. En este último país existe una empresa en Texas que obtiene el mucílago (mediante molido y filtrado) del nopalito (*Nopalea* sp) el cual utiliza para mejorar la consistencia de mermeladas (*Jam* y *Spread*) de múltiples frutas (Arándano, frambuesa, zarzamora, fresa, durazno, manzana, pera, piña, chabacano y ciruela). Una variante que se prepara en México, es la compota de nopalito con diversas frutas (piña, pera, higo, durazno, chabacano, xoconostle, tunas, etc.) en almíbar (Figura 19).

El mercado mundial de las mermeladas de nopalito pudiera expandirse si se elaboran mezclando el mucílago del nopal con otras frutas y si se hace énfasis en los beneficios que sobre la salud lleva el consumo del nopalito. En México, el potencial del mercado de la mermelada de nopalito se considera reducido.

2.3.6. Mermeladas de tuna y similares

Son concentrados de pulpa o jugo de tuna, con adición de pectina, ácido cítrico y, en ocasiones, con azúcar y conservadores. El proceso de elaboración de la mermelada de la tuna “Cardona” (*O. Streptacantha* Lemaire.) descrito por Cigala (1979) ha servido de modelo para producir mermeladas de diferentes variedades cultivadas de tuna, un resumen de este proceso se presenta a continuación.

La tuna llega a la planta en rejas de madera, éstas se descargan manualmente del vehículo de transporte, se pesan y almacenan, se pasan al desespinado (manual o mecánico) o bien, si la fruta llega ya desespina, se pasan directamente a proceso, que se inicia con el lavado de la fruta. La tuna limpia se pasa a la fase de mondado (remoción manual de la cáscara). Ya sin cáscara, la tuna se lleva al despulpador, en donde se obtiene, por un lado, la semilla y por otro la pulpa, a la cual se denomina “jugo espeso”. Algunos productores que utilizan tunas de otras variedades aprovechan el alto contenido de pectinas de la cáscara para elaborar una mermelada de mejor consistencia, de manera que

meten al despulpador frutos enteros, o bien, posterior al despulpado, adicionan la cáscara sin epidermis y finamente picada. El jugo espeso obtenido se recibe en un tanque de paso, donde se agrega ácido cítrico y benzoato de sodio y luego se bombea hacia un tanque de calentamiento o marmita; después es llevado al evaporador, en donde el jugo espeso se concentra hasta 67° Brix. Este concentrado se descarga en un tanque de paso con agitador, de donde pasa a la tolva de alimentación de la máquina llenadora de frascos. El producto se envasa en frascos de diferentes capacidades, previamente lavados y esterilizados. Los frascos llenos se llevan a la cerradora, se enfrían, se secan, se etiquetan y se empacan en cajas de cartón, así se almacenan y finalmente se embarcan al mercado.

La mermelada de tuna es probablemente el producto de nopal que es producido en un mayor número de países. Se elabora en México (mermelada y melcocha), Estados Unidos de América (*Jelly*), Italia (*Confettura*), Argentina (*Arrope*), Chile, Perú, etc. En México existen al menos cinco empresas que concurren al mercado, aunque hay un gran número de pequeños productores que elaboran la mermelada en sus casas. En Estados Unidos de América existen por lo menos cinco empresas, en Italia tres (dos en Sicilia y una en Cerdeña), en España (una en Lanzarote, Islas Canarias), en Argentina una (en Santiago del Estero), aunque también hay reportes de su producción en la provincia de La Rioja (Figura 20).

Se considera que el potencial del mercado mundial para la mermelada de tuna es amplio, sin embargo, existen grandes diferencias en la calidad del producto: las de menor calidad, con pocas excepciones, son las de México, donde el producto se presenta obscuro, turbio y en ocasiones con poca consistencia (aguado) y se envasa en frascos de reuso; en cambio, en otros países, como Italia, España y Argentina, es notable la buena presentación, los frascos, etiquetas, adornos e información son excelentes. En Estados Unidos de América la jalea (*jelly*) se presenta en tonos amarillos, café, verde y rojo o semi-transparente y sumamente atractiva.

En México se tiene la limitante de que el consumo de mermeladas es reducido, debido a que el clima es caluroso la mayor parte del año en casi todo el país y, además, porque casi siempre que el ama de casa requiere mermelada se decide por la de fresa (85% del mercado); el resto del mercado se distribuye en mermeladas de otras frutas, como piña, durazno, chabacano, zarzamora, naranja, etc., donde la demanda de mermelada de tuna es mínima.

2.3.7. Salsas de tuna

Son elaboradas a base de pulpa y/o jugo de tuna, aunque también con cáscara de xoconostle (tuna ácida) sin epidermis; como condimento se usan (diferentes variedades) de chile picante, adicionado con cebolla, vinagre y especias en determinadas proporciones, todo molido o picado. En ocasiones se adicionan conservadores. Después de prepararse se envasa en frascos de vidrio, se tapa, esteriliza y etiqueta (Figura 21).

Las salsas de tuna se producen en México y en Estados Unidos de América. En México se hace con cáscara de xoconostle, que es sumamente gruesa, de 1 a 2 cm; la pulpa, que es muy pequeña, se desecha. El xoconostle fresco tiene un gran mercado en México, donde la gente, por tradición, lo aprecia por sus atributos, particularmente los que se manifiestan como controladores de azúcar y colesterol en la sangre.

En Arizona (Estados Unidos de América), la empresa “Arizona Cactus Ranch”, elabora diversos productos con una tuna silvestre (*Opuntia engelmannii*. Salm-Dick.), entre los cuales están la salsa (*cactus fruit salsa*), la salsa para barbacoa (*prickly pear barbacoa sauce*) y el aderezo de ensaladas (*cactus jack vinaigrette*). Se considera que el mercado de las salsas de tuna tiende a ampliarse, en la medida que se expande el gusto por la comida mexicana y se implementan campañas de mercadotecnia.

2.3.8. Dulces de tuna y nopalito

Estos productos son procesados con azúcar y en ocasiones con adición de otros alimentos. La diversidad de dulces de nopal y tuna es muy grande, así como sus procesos de elaboración, incluso los nombres con los que se conocen un mismo tipo de dulce varía según la región. Los principales son: caramelos, jaleas, gomitas, laminillas, confitados, palanquetas de nuez con mucílago de nopal, almíbares, etc. (Figura 22).

En México se presenta la mayor diversidad de dulces de nopal o tuna, desde el nopalito en almíbar a los cristalizados de pulpa de nopal (tejido parenquimatoso), además de las “gomitas”, bombones (malvaviscos) y caramelos de nopal. En otros países, como Italia y Estados Unidos de América se producen caramelos de tuna, caramelos rellenos de mermelada de tuna y palanquetas de nuez y tuna, entre otros. En Chile, a nivel de laboratorio, se han producido láminas de pulpa de tuna deshidratada con un agregado de pulpa de

membrillo, que ha tenido aceptación (Sepúlveda *et al.*, 1996), lo mismo que los nopalitas confitados (Sáenz, 1994), citados por Sáenz (1997). Debido a la aceptación generalizada de los dulces en todo el mundo, se considera que los de tuna y nopal tienen posibilidades de posicionarse en el mercado, para lo cual son importantes los aspectos de calidad y mercadotecnia.

A continuación se describe el proceso de elaboración de nopal cristalizado, de acuerdo con Pérez (comunicación personal)*. Los nopalitas se desespinnan manual o mecánicamente, se lavan con agua corriente y se cortan en porciones rectangulares de aproximadamente un cm por lado, luego se escaldan a 80°C durante dos minutos con la finalidad de detener la actividad enzimática, reblandecer los tejidos, eliminar el mucílago y permitir una mejor absorción de azúcar. Para fortalecer la consistencia de los nopalitas, éstos se tratan con una solución de hidróxido de calcio al 5% durante 24 horas, después se lavan con agua corriente para eliminar la cal y se escurren. A continuación se someten al tratamiento de deshidratación osmótica, para lo cual se prepara un jarabe de 60° Brix a 20°C y se agrega una hoja de higuera (aproximadamente de 15 g) para ayudar a mantener la textura de los nopalitas, la cual se logra probablemente por el calcio que supuestamente aporta la hoja de higuera, los nopalitas se agregan al jarabe para someterlos a un tratamiento térmico de 80°C durante 20 minutos, al término de lo cual, los nopalitas se retiran del jarabe y se incrementa la concentración de éste hasta los 70° brix; se colocan nuevamente los nopalitas en el jarabe, calentándose a 50°C durante tres horas. Posteriormente se retiran los nopalitas del jarabe y se secan en un secador de charolas con aire forzado a 75°C, finalmente, los nopalitas se someten a un proceso de ambientación a 40°C, para evitar la exudación dentro del empaque (bolsas de celofán).

2.4. Bebidas de tuna y nopalito

2.4.1. Jugos

Jugo de tuna

El jugo de tuna es el producto que queda al eliminar de la tuna la cáscara, semilla y pulpa. El proceso consiste en eliminar la cáscara y la semilla en una

* Pérez, Mario. Ingeniero Químico. Secretaría de Desarrollo Social. Delegación Tlaxcala. Río San Francisco No. 306, Fraccionamiento Vista Hermosa, Tlaxcala, Tlax. Tel 01(246) 2 26 30 77.

despulpadora, donde se obtiene el jugo grueso, al que se le separan los sólidos mediante un proceso mecánico, quedando el jugo, el cual puede ser utilizado así o clarificado.

En una de las empresas jugueras el proceso se realiza como sigue: La tuna se recibe desespínada en cajas de madera o plástico, después se selecciona, se le elimina la cáscara y se pasa al despulpador para la separación de semilla y obtener la pulpa y el jugo, mismos que se centrifugan, posteriormente se elimina el precipitado; la parte acuosa se esteriliza y se le adicionan aditivos y conservadores (en ocasiones otros jugos de fruta), se envasa en latas o frascos, luego éstos se agotan, se tapan y se esterilizan. El enfriado es al ambiente, antes de empacar.

El jugo fresco de tuna se utiliza ampliamente en Chile y recientemente en México, sin embargo, debido a su baja acidez y alto contenido de azúcares es fácilmente fermentable y su vida comercial es corta, por lo que su conservación ha sido objeto de estudio.

En 1964, Villarreal, *et al.*, estableció las siguientes condiciones para enlatar el jugo de la tuna blanca, variedad Alfajayucan: El pH del jugo se ajustó a un valor de 4.5 con ácido cítrico y después se conservó con base en dos métodos: a) Congelamiento a -15°C en atmósfera de nitrógeno, con lo cual se conservó hasta por un período de 7 meses; b) Calentamiento a vapor durante 30 minutos, a 71°C para el engargolado y posterior esterilización a 100°C durante 110 ó 120 minutos. Sin embargo, Sáenz (1997) señala que el jugo de tuna resiste poco el tratamiento térmico, ya que éste ocasiona pérdida de sabor y aroma.

En Estados Unidos de América se producen en Texas, Arizona y California, diferentes mezclas que llevan jugo de tuna adicionado con jugo de limón o de fresa y banana. Estas mezclas se utilizan para preparar el rita-tuna, un coctel margarita que lleva tequila y jugo de tuna.

Jugo de Nopal

El jugo de nopal es el extracto obtenido de moler y colar nopalitos. El proceso de obtención del jugo de nopal consiste en moler en licuadora, industrial o casera, los nopalitos desespínados y fraccionados; para facilitar el proceso se adiciona agua, el licuado obtenido se filtra, para separar del líquido, los sólidos en suspensión.

El jugo de nopal lo produce en México una empresa que lo mezcla con jugo de guayaba y lo comercializa en el mercado nacional y de exportación.

El mercado de los jugos de frutas y verduras se ha expandido y en esa situación tienen posibilidades de crecimiento la producción y comercialización de los jugos de nopal y tuna, sobre todo en mezclas (*mix*) con otras frutas.

2.4.2. Néctares y jarabes

Los jarabes de nopal o tuna se elaboran con una solución concentrada de sacarosa (30-50° Baumé ó 55-75° Brix) preparada, en frío o caliente, con zumo de nopal o tuna. El néctar de tuna se obtiene de la tuna licuada y calentada sin ebullición, para concentrar el azúcar; al final se centrifuga para eliminar la fibra.

El proceso de elaboración del néctar de tuna consiste en concentrar el jugo, eliminando el agua (suspensión de jugo y pulpa de tuna), de preferencia, con un método que implique baja temperatura (menos de 40°C), vacío y un recuperador de aromas.

El proceso de elaboración del jarabe de tuna consiste en agregar azúcar al jugo concentrado caliente, hasta lograr concentraciones de más de 50° Brix.

En México se han producido néctares y jarabes de tuna a nivel de laboratorio, pero no se han producido comercialmente. En Estados Unidos de América, en Texas, una empresa produce jarabes (*syrup*) de zarzamora y arándano, adicionándoles mucílago de nopal; en Arizona, con una tuna silvestre (*Opuntia engelmannii*. Salm-Dyck), preparan un jarabe (*Prickly pear fruit topping*) y un néctar (*Prickly pear nectar*). Se considera que los néctares y jarabes de tuna tienen posibilidades de ampliar su mercado en los países que consumen la fruta fresca.

2.4.3. Bebidas alcohólicas

A partir de la tuna se puede obtener alcohol y bebidas alcohólicas como: “vino”, aguardiente y licor. El uso de la tuna cardona en la producción de bebidas alcohólicas en México data de tiempos prehispánicos. Ayala (1932), citado por Abarca (1971), hizo una de las primeras contribuciones tecnológicas a este respecto. Más recientemente se han realizado algunos estudios para obtener aguardiente y licor a partir del jugo de tuna, bajo condiciones controladas

(Escamilla, 1977; Arizmendi *et al.*, 1980). El contenido de pectina en la cáscara de la tuna hace que ésta no pueda ser utilizada en la elaboración de aguardiente, debido a que, de acuerdo con Braverman (1976), la fermentación de pectinas induce a la formación de metanol en el producto final, lo cual es completamente indeseable, puesto que su consumo provoca ceguera y hasta la muerte en el humano.

El proceso de elaboración de estos productos consiste en lo siguiente:

Vino de tuna. De las tunas se obtiene el jugo espeso, como ya se describió anteriormente, éste se filtra para separar los sólidos en suspensión; al jugo filtrado (mosto) se le adiciona un pie de fermento de buena cepa (*Saccharomyces cereviceae*) y se proporcionan las condiciones adecuadas de temperatura, azúcar y pH. Se eliminan las heces de las levaduras mediante trasiegos, finalmente el producto se clarifica, se filtra y se le adicionan sustancias para evitar su posterior alteración (avinagramiento). Se desconoce si algún productor practica la maduración. Se alcanzan concentraciones de alcohol de 6 a 12° GL, dependiendo de la tuna usada (Díaz y Alvarado, 1990). El vino de tuna se elabora comercialmente en Perú y en condiciones de laboratorio y a nivel casero en México, Chile y otros países.

Aguardiente de tuna. Es una bebida alcohólica que se obtiene a partir del vino de tuna; con éste se inicia un proceso de destilación fraccionada en alambiques de cobre o en columnas de destilación, cuidando de separar adecuadamente las “cabezas” y “colas”, para no contaminar el producto con metanol y otros componentes volátiles indeseables; al final, el producto se ajusta, adicionándole agua hasta alcanzar el grado alcohólico deseado. Se obtiene una graduación hasta de 60° G.L.

Flores (1992), propuso y evaluó, en condiciones de laboratorio, una metodología para la obtención de vino y aguardiente de dos especies silvestres de tuna (Figura 8), por dos métodos: columna de vidrio y alambique de cobre con ambos destilación fraccionada. El mejor método fue el alambique de cobre, obteniendo los siguientes resultados:

Para *O. Streptacantha* Lemaire: A partir de 100.00 kg de tuna sin cáscara obtuvo 24.35 litros de vino y 1.92 litros de destilado, con un grado alcohólico de 6.23 y 51°G.L., respectivamente.

Para *O. Robusta Wendl.*: De 100.00 kg de tuna sin cáscara obtuvo 16.61 litros de vino con 6.10° G.L. y 0.94 litros de destilado con 75° G.L.

Concluyó recomendando estudios a nivel industrial para estandarizar el proceso de obtención, ya que tiene grandes perspectivas.

Los aguardientes de tuna se producen tanto en México como en Dinamarca y se considera que existe potencial para ampliar su mercado, ante el creciente gusto por las bebidas con alto contenido alcohólico.

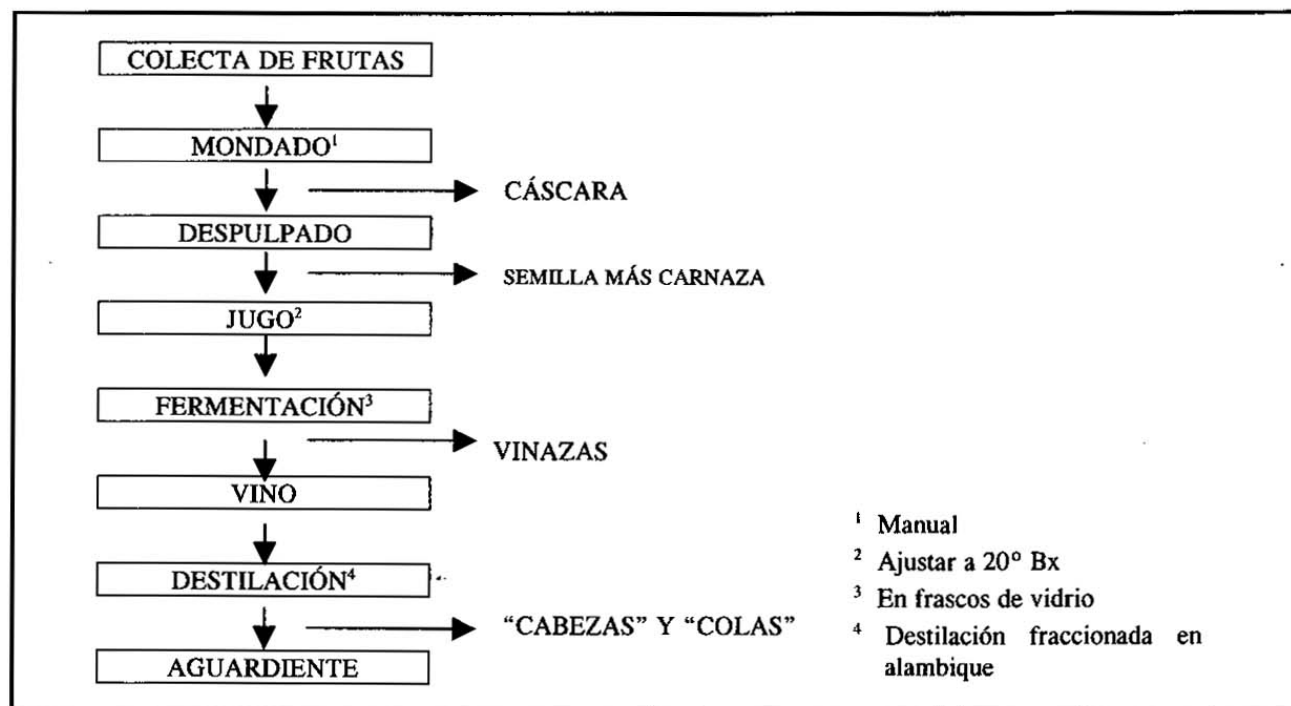


Figura 8. Esquema del proceso de elaboración de vino y aguardiente de tuna silvestre. Adaptado de Flores (1992).

Licor de tuna. Es una bebida alcohólica, aromática, no fermentada, producto de la mezcla de alcohol, agua y azúcar, con trozos de tuna sin cáscara. Las tunas sin cáscara se incorporan enteras o fraccionadas en mitades o cuartos, a una solución azucarada y se adiciona alcohol etílico potable de 96° G.L. y agua en proporciones adecuadas. Por ejemplo, una receta de origen italiano (Cerdeña) es la siguiente: Para cada kg de tuna descascarada, 1 kg de azúcar, disuelta en 2 lt de agua y un lt de alcohol se ponen a reposar en recipientes de vidrio o de acero inoxidable, durante 40 días como mínimo, en completa obscuridad. El producto se filtra para separar los sólidos grandes en suspensión, los sólidos microscópicos que le dan la turbidez al producto pueden ser separados mediante un proceso de clarificación. Finalmente, al igual que los vinos y aguardientes, el producto se embotella en recipientes de preferencia nuevos,

limpios y previamente esterilizados, se tapan, etiquetan y acomodan en cajas de cartón para su comercialización.

Los licores de tuna (infusiones) se producen en México, Italia (en Sicilia y Cerdeña) y Perú. En México los elaboran productores de manera artesanal y solo para autoconsumo; en Italia, al menos tres marcas comerciales de licor de tuna tienen una excelente presentación y concurren al mercado nacional e internacional; en Perú hay mínimamente diez empresas o marcas comerciales en la región de Ayacucho (Figura 23). También se produce licor de nopal en México, en el Estado de Tlaxcala.

Los vinos, aguardientes y licores de tuna, por ser generalmente dulces, tienen posibilidades de posicionarse en el mercado como productos para acompañar los postres o para finalizar las comidas, sobre todo en países donde se acostumbra consumir la fruta. Para desarrollar su demanda es conveniente implementar campañas de mercadotecnia.

2.5. Productos “medicinales” del nopal

Productos como la harina, cápsulas y comprimidos del nopal, generalmente son elaborados en México como complementos alimenticios, sin embargo, los consumidores los adquieren y consumen por las propiedades medicinales que se dice que tienen (Figura 24).

La industria farmacéutica de derivados del nopal para el control de la diabetes, colesterol, afecciones gastrointestinales y sobrepeso, se ha desarrollado con base en la herbolaria tradicional de Mesoamérica. Al nopal se le atribuyen propiedades curativas en afecciones renales y erisipela; se creía que ayudaba a inducir los partos y que aliviaba dolores y la cicatrización en quemaduras, en estudios médico-científicos de los efectos hipoglucemiantes y abatimiento del colesterol en la sangre en individuos sanos o diabéticos no insulino-dependientes, por la ingesta del nopal crudo, hervido, asado o guisado y también con base en los efectos de campañas publicitarias naturistas. En años recientes algunos investigadores han estudiado sus efectos en el tratamiento de la diabetes mellitus y en problemas de colesterol. Dentro de los estudios que destacan están los de Penfold y Morrison (1933), Sulman y Menczel (1962), Ibañez Camacho y Roman-Ramos (1979), Frati-Munari, *et al.* (1983), Ibañez Camacho y Meckes-Lozoya (1983), Fernández, *et al.* (1984), Meckes-Lozoya

y Roman-Ramos (1986), Frati-Munari, *et al.* (1987), Frati, *et al.* (1989) y Trejo-González, *et al.* (1991), Frati (1998).

2.5.1. Cápsulas, harina y comprimidos

El proceso de elaboración de harina, cápsulas y comprimidos de nopal consiste en el deshidratado, a temperaturas menores de 60°C, de preferencia con aire forzado, de nopalitos previamente desespinaados, lavados y fraccionados; posteriormente éstos son molidos hasta obtener un polvo fino que es la harina de nopal. Esta harina se encapsula o bien se le adiciona un aglutinante y se comprime, para obtener pastillas o tabletas (Fratti-Munari, *et al.*, 1992).

La producción de derivados de nopal con aplicaciones medicinales (que no deben considerarse como fármacos) ha crecido en México de una manera acelerada. Actualmente existen más de 30 empresas dedicadas a la producción de estos productos, 21 empresas elaboran cápsulas, 15 elaboran pastillas, cinco producen harina de nopal deshidratado y una empresa fabrica pomada de nopal para el tratamiento de quemaduras. Algunas de estas empresas exportan sus productos a Estados Unidos de América, no como medicinas sino como complementos alimenticios. Sin embargo, la efectividad de estos productos comerciales no está suficientemente documentada. De acuerdo con Frati-Munari *et al.* (1992) no se debiera ser muy optimista en cuanto a los efectos de muchos de estos productos, en virtud de que son muy bajas las cantidades de nopal que se ingieren bajo estas presentaciones y que las cantidades de nopal que se requiere ingerir equivalen como mínimo a 30 cápsulas por día, lo cual resulta incómodo a los pacientes, además, muy probablemente se pierda la integridad de los principios activos del nopal en el proceso de deshidratación.

Se cree que el mercado tiene tendencia a crecer en la medida que un mayor porcentaje de la población acepte la medicina naturista. A nivel mundial ha crecido la demanda del nopal deshidratado como fibra dietética y se han realizado exportaciones a Norteamérica, Europa y a algunos de los países orientales de la cuenca del Pacífico.

En el mercado de productos medicinales son cinco las empresas que presentan mayor potencial de desarrollo, por dedicarse a los productos naturistas y contar con un portafolio diversificado de productos de nopal, entre otros; en

cambio, el resto de las empresas sólo producen tres o dos, y en ocasiones un solo producto de nopal.

2.6. Productos cosméticos elaborados a base de nopal

Los cosméticos de nopal son formulaciones químicas que se usan con fines higiénicos y más especialmente para embellecer la piel y el cabello.

Con base en las propiedades que para beneficio de la piel se le atribuyen al nopal han surgido más de 20 empresas que fabrican cosméticos, en cuyas formulaciones está incluido el nopal, productos que por ser de origen “natural” son cada vez más aceptados en este rubro productivo y de mercado que, aunque es muy promisorio, resulta altamente competido. Sin embargo, la industria de cosméticos no requiere de grandes cantidades de nopal, debido a que el nopal solo es un complemento en las formulaciones de estos productos, por lo que el uso de nopal para producir cosméticos no es la mejor opción para solucionar los problemas de comercializar por sobreoferta temporal que actualmente enfrentamos los productores en México.

2.6.1. Champúes, acondicionadores, jabones, cremas, geles adsorbentes, lociones y mascarillas

Champúes. Son productos generalmente líquidos o pastosos, hidrosolubles con derivados sulfonados, a los que debe su poder humectador, espumantes y detergentes; se usan en forma de fricciones para la limpieza del cabello y cuero cabelludo, de los cuales existen dos tipos: transparente o crematizado. El champú transparente se hace en frío, mezclando bases químicas (*conperland* y *texapon*) con jugo de nopal (mucílago) y agua, adicionando benzoato de sodio como preservante, NaCl disuelto en agua (0.5%) para incrementar la viscosidad, y sustancias colorantes y/o aromatizantes. El champú crematizado difiere del transparente por la adición de “cutina” (agente crematizante) precalentada, a la que se le incorporan las bases químicas y jugo de nopal, sin dejar enfriar. Finalmente se adiciona el preservante, el colorante, el aromatizante y la solución de sal.

Acondicionadores de nopal. Son líquidos viscosos, que se usan como complemento opcional del champú para remover residuos de éste (enjuague), para suavizar el cabello y facilitar su manejo. Comercialmente se pueden encontrar champú y acondicionador de nopal separados o mezclados.

Jabones de nopal. Son materiales detergentes blancos y duros amasados, cortados y prensados obtenidos tratando un cuerpo graso con sosa, con menos de 0.05% de álcali libre, desecado hasta 20% de humedad, con adición de colorantes, aromatizantes y mucílago y/o pulpa de nopal. Los jabones transparentes contienen azúcar, glicerina y un alcohol que permite conservar su homogeneidad y evitan que se cristalicen u opaquen al enfriarse.

Cremas de nopal. Son emulsiones de aceite vegetal, agua, mucílago de nopal y un jabón especial obtenido a partir de una cera esterificada bajo condiciones alcalinas suaves y también se definen como pomadas blandas, constituidas esencialmente por agua y materias grasas, exentas de polvos en suspensión. A estas preparaciones se les adiciona mucílago o pulpa molida de nopal. Se elabora en diferentes composiciones, según su uso como crema limpiadora, humectante o de noche.

Geles de nopal. Son sustancias adsorbentes que se obtienen mediante evaporación del líquido contenido en la masa que resulta de la floculación y coagulación de una disolución coloidal, adicionada con extracto de nopal e ingredientes activos según el uso del gel. Hay geles reductivos de grasa, fijadores del cabello y para la ducha.

Laciones. Son soluciones hidroalcohólicas, con perfumes y principios para el cuidado de la epidermis, con agentes astringentes, bactericidas y disolventes de grasa seborréica, adicionadas con mucílago o pulpa molida de nopal.

Mascarillas de nopal. Son pastas faciales que pueden reconstituir, humectar, limpiar, desmanchar o vitaminar la piel, adicionada con mucílago o pulpa de nopal. Esta pasta se aplica, generalmente, durante 15 a 20 minutos y luego se retira.

En México se han detectado 20 empresas que fabrican cosméticos utilizando nopal y una en Italia (Cerdeña). Estas empresas fabrican 40 productos que en orden de importancia son: champúes (17 marcas comerciales), cremas (ocho marcas comerciales: cuatro de cremas limpiadoras, tres hidratantes y una de mascarilla), jabones (seis marcas comerciales), enjuague o acondicionador (cuatro marcas comerciales), gel (cuatro marcas comerciales: dos de geles reductores y dos para el cabello) loción astringente (una marca comercial) (Figura 25).

El número de empresas y productos está creciendo en el mercado de México, aunque el potencial de crecimiento a nivel internacional está limitado a que participen las grandes empresas transnacionales de los cosméticos, que son las que cuentan con el mayor porcentaje del mercado, en parte por la calidad de sus productos y en parte por la fuerte inversión que realizan en publicidad en todo tipo de medios. El desarrollo del mercado será lento si sólo participan pequeñas empresas, como las que actualmente están produciendo los cosméticos con nopal.

2.7. Productos artesanales del nopal

2.7.1. Canastas de la fibra del cladodio

Se trata de artículos decorativos muy vistosos y originales, tales como canastas y floreros, elaborados con la fibra de los cladodios del nopal.

Su elaboración sigue un proceso empírico, consistente en obtener cladodios ya lignificados del nopal y someterlos a un proceso de degradación por fermentación, colocándolos en una pileta con lodo durante un período de 10 a 15 días; posteriormente, los residuos del cladodio (la base estructural de paredes celulares y tejidos de conducción, constituidos principalmente por celulosa y lignina), se cortan, se cepillan para eliminar los últimos residuos de tejido suave y se lavan con agua. Finalmente éstos se colocan en capas sobre moldes de madera o barro, se dejan secar, se les asperja acrílico para fijar la forma, se dejan secar nuevamente y así quedan listas las canastas o los floreros para utilizarlos en arreglos con flores secas, frutas, etc. Algunos ejemplos de estas artesanías se pueden apreciar en la Figura 26.

Actualmente, en México estas artesanías son fabricadas principalmente por mujeres indígenas en el Estado de México y en el de Hidalgo. La aceptación de estos productos ha sido limitada porque compiten con diversos productos de la riqueza artesanal del país. El potencial del mercado a nivel mundial se considera mediano.

2.8. Productos de la industria extractiva y de la biotecnología de la tuna y el nopal

Por industria extractiva entendemos en este caso, aquella que se ocupa de la extracción de ciertos componentes de importancia económica a partir del no-

pal y de la tuna. Así tenemos que del nopal y de la tuna se ha obtenido a nivel de laboratorio, en diversos países, productos tales como mucílago de los cladodios y de la cáscara de tuna, pigmentos colorantes de las tunas rojas, azúcares de la tuna y aceite de la semilla.

2.8.1. Mucílago, pectina, colorantes, azúcar y aceite

Una recopilación de información sobre la obtención de estos productos fue realizada por Colín (1976) y posteriormente actualizada por Corrales y Flores (1996). En la actualidad no se tiene conocimiento de ninguna empresa que utilice la tuna o el nopal para obtener comercialmente alguno de estos productos. Algunos detalles y dificultades tecnológicos se presentan a continuación:

Obtención de mucílago. El mucílago es un producto que se usa como espesante en la industria alimentaria. Cárdenas *et al.* (1997) evaluaron el comportamiento reológico y de agregación del mucílago del nopal en solución, de acuerdo con lo cual establecieron lo siguiente: Se trata de un polisacárido, cuyas propiedades macroscópicas son aparentemente muy parecidas a las propiedades de la goma de okra, por lo que tiene muchas aplicaciones potenciales, dentro de las cuales se incluyen, por ejemplo, para el mejoramiento de las propiedades de batido del huevo reconstituido (BeMiller *et al.*, 1993); como agente defloculante y como abrillantador por electrodeposición de níquel y otros metales. Las aplicaciones ya encontradas en los mucílagos del nopal y de la okra parecen estar relacionadas a la capacidad de estos polisacáridos de formar dispersiones coloidales (sistemas dispersos), tales como las de agregados moleculares grandes.

Obtención de pectina. Dentro de la industria extractiva también está la obtención de pectina, producto que se ocupa como gelificante en la industria alimentaria. Al respecto, Villarreal *et al.* (1961) estudiaron los frutos de seis especies de nopal y encontraron que *Opuntia robusta* Wendl, contiene 26.6 % de pectina (base seca) por lo que sugirieron considerar a la tuna de esta especie como una posible fuente de pectina de interés comercial.

Diacino y Missam (1948) obtuvieron 14 g de pectato de calcio y magnesio a partir de 2 Kg de pencas frescas es decir el 0.7 %. Escamilla (1977) purificó pectinas de las cáscaras de tuna "Cardona" (*O. Streptacantha* Lemaire) que se encuentran en una estructura intercelular denominada lamela, obte-

niendo un rendimiento bajo y con escasa fuerza gelificante. Estos resultados limitaron las posibilidades de su aplicación en la industria de los alimentos.

Posteriormente, Pérez *et al.* (1980), considerando solamente la cáscara de tuna tapona (*O. Robusta* Wendl.) como materia prima para la obtención de un polisacárido, cuyas propiedades son muy similares a las de la pectina comercial, obtuvieron un rendimiento de 1 % (base húmeda) y del bagazo de cáscara obtuvieron un rendimiento del 30 % (base seca), que puede ser comparable al rendimiento de otros frutos. El estudio comparativo de la composición y características del polisacárido obtenido de la cáscara de esta tuna con la pectina cítrica comercial, mostró que este polisacárido gelifica en presencia de azúcar, dando un grado de gelificación de 120 (rápido), en tanto que el contenido relativo de ácido galacturónico fue del 65 % respecto a la pectina comercial. El contenido de ácido galacturónico de los polisacáridos aislados de la penca del nopal de esta misma variedad fue menor al encontrado en el fruto, asimismo, estos polisacáridos no presentan propiedades gelificantes.

Obtención de colorantes de las tunas rojas. Los colorantes tienen una amplia aplicación en la industria de los alimentos, ya que el color es un factor muy importante en la aceptación por parte de los consumidores y muchas veces se hace necesario añadirlo, modificarlo o simplemente reafirmarlo y estabilizarlo en algunos de los alimentos procesados (Corrales, 1992).

De acuerdo con Mackinney y Chichester (1954) se puede considerar como un colorante alimentario aquella sustancia que se adiciona a los comestibles y bebidas con el fin de proporcionar o intensificar su color. Los colorantes pueden ser naturales o artificiales. Los primeros (llamados pigmentos) se obtienen de animales, frutas y vegetales, aquellos de tonalidad roja pueden pertenecer a grupos químicos diversos, tales como carotenoides, antocianinas y betalainas; los colorantes artificiales son compuestos orgánicos o inorgánicos que tienen la función de impartir mayor intensidad de color y además son más estables que los colorantes naturales (Larios *et al.*, 1981).

El número de colorantes artificiales es reducido y las investigaciones recientes sobre la inocuidad de tales colorantes están limitando su uso, como en el caso de los colorantes rojos FD&C N°2 y N°4 por su posible efecto cancerígeno, mismos que fueron prohibidos, según consta en el *Federal Register* de fechas 28 de enero y 30 de septiembre de 1976; otros colorantes no se pueden aplicar a todos los alimentos procesados. El rojo FD&C N°3 es muy sensible

a la luz y se vuelve insoluble a niveles bajos de pH, mientras que el rojo FD&C N°40 tiene un tono anaranjado y se dificulta la obtención de tonalidades rojas.

Ante las dificultades señaladas surge la necesidad de encontrar otros colorantes que sean estables y que no representen riesgos a la salud, como son los pigmentos de origen natural. Entre las posibles fuentes de obtención de pigmentos rojos naturales se encuentra el betabel (*Beta vulgaris* L.) y algunas especies de Opuntia, como son *O. Streptacantha* Lemaire, *O. Robusta* Wendl, y *O. ficus indica* L. Se ha encontrado que los pigmentos presentes en las tunas son sustancias nitrogenadas, cuya estructura se relaciona con las betacianinas y las betaxantinas (Mabry y Dreiding, 1968), que en forma genérica reciben el nombre de betalainas, las cuales en general son hidrosolubles y se presentan en la naturaleza como sales. De acuerdo con Piatelli e Imperato (1969), el color característico de la tuna roja (*O. Streptacantha* Lemaire) se debe a una mezcla cuya composición cuantitativa es la siguiente: Betanina, 67.3 %; isobetanina, 23.9 %; filocactina, 6.4%; e isofilocactina, 2.4 %. Estos colorantes pertenecen al grupo de los indicadores químicos, ya que en condiciones neutras de carga cambian de color con el pH.

Cano (1987) encontró que los principales pigmentos en la tuna *O. ficus-indica* L. (Cv Mexital) fueron betacianinas y betaxantinas, los cuales absorben las ondas luminosas de 537 y 485 nm, respectivamente. Las cantidades obtenidas por la autora fueron de 13.9 mg de betacianinas y 2.9 mg de betaxantinas por 100g de peso fresco, cantidades consideradas bajas en comparación con las de otras especies; la misma autora observó que la estabilidad de ambos pigmentos es mayor a pH de 5.0 y a temperaturas entre 4 y 20°C, en ausencia de luz y de oxígeno, por lo que concluyó que la posible aplicación de estos pigmentos debería enfocarse a aquellos alimentos que requieran procesos térmicos leves, posean un vida corta de anaquel y su pH fluctúe entre 4.0 y 5.0.

Existe un grupo numeroso de productos en los que podrían utilizarse estos pigmentos sin ningún problema (Pash y Von Elve, 1977; Sapers y Hornstein, 1979) entre los cuales están los siguientes: leche fermentada de sabores (yogur), gelatinas, leche pasteurizada de sabores, productos de confitería, bebidas en polvo, embutidos, productos de panadería y farmacéuticos, entre los más importantes.

Pérez *et al.* (1980) desarrollaron una metodología para obtener de la tuna colorantes naturales (pigmentos) en polvo, a partir de la fermentación con levadura comercial de panadería y luego un secado por aspersión de la cáscara y de la pulpa de la tuna "Roja Taponá" (*O. Robusta* Wendl.). Los autores indicaron que la concentración de pigmentos no presentó cambios apreciables durante el transcurso de la fermentación; en su trabajo, la fermentación tuvo como objetivo principal reducir los sólidos presentes en el jugo hasta alrededor del 2 % , ya que éstos dificultan el secado (caramelización de azúcares).

Obtención de fructosa. Para la obtención de jarabes fructosados o extracción de fructuosa (cuya demanda es alta en México) a partir de la tuna, se aplica un proceso técnicamente factible ya probado en México por la empresa Opuntia S.A. en su laboratorio de San Luis Potosí y en su planta de Aguascalientes. Sin embargo, la obtención de estos productos a partir de otras fuentes (maíz) resulta más rentable, lo que explica que esta forma de industrialización de la tuna no tenga un mayor desarrollo.

Obtención de aceite de la semilla. La semilla de la tuna tiene un alto contenido de aceite (Recevato-Solina y Guzzardi, 1941; Becerra *et al.*, 1969; Colín, 1976 y Cigala, 1979;). De acuerdo con los dos últimos autores, la semilla puede representar del 5 al 15% del peso de la tuna "Cardona". Pimienta (1991) informó que en el aceite de las semillas de las tunas predominan los ácidos grasos insaturados, como el linoléico. De acuerdo con el autor, por esta y otras características, el aceite de semilla de tuna puede considerarse de calidad e incluso ser aceptado por los consumidores, como el aceite de cártamo.

Cigala (1979) mencionó que el aceite de la semilla de tuna puede refinarse para el consumo doméstico, sin descartar por ello su utilización para la producción de ácidos grasos y su empleo en la industria de los barnices y pinturas. El proceso de obtención descrito por el mismo autor, consiste en lo siguiente:

"La semilla secada al sol se le separan impurezas y se muele, la pasta molida se envía a un silo y posteriormente al extractor de aceite, en donde se le agrega un solvente inorgánico, para así obtener una mezcla de aceite y solvente llamada miscela y la llamada pasta residual. La miscela se envía a un tanque de paso y luego se bombea a un destilador donde se obtiene, en forma separada, el "aceite crudo" y el "solvente recuperado". El "aceite crudo" se

envía a un tanque recolector para luego refinarlo y envasarlo en tambos de producto terminado. El “solvente recuperado” se recircula al proceso.

Soto (1979) realizó un estudio experimental para la obtención de ácidos grasos a partir del aceite de semilla de tuna y encontró que el proceso más adecuado es el de autoclave con catalizador, en virtud de que los ácidos grasos obtenidos con este proceso son más claros (no necesitan purificación) que los obtenidos mediante otros procesos.

El principal problema para la obtención del aceite de la semilla de tuna es su bajo rendimiento (de una tonelada de tuna se podrían obtener apenas 4 kg de aceite); además, al no existir industrias que procesen la tuna, no existe semilla disponible en los volúmenes requeridos para que sea económicamente factible la instalación de una industria aceitera a partir de la semilla de tuna.

2.9. Productos de la industria forrajera del nopal

El nopal es un forraje con un alto contenido de agua y, por tanto, pobre en nutrimentos, así que difícilmente resulta redituable agregarle más costos en deshidratado y empacado para utilizarlo como forraje.

Las variedades silvestres del norte de México presentan de regular a gran cantidad de espinas y éstas son quemadas con chamuscadores de gas o de petróleo diáfano (aunque éstos últimos cada vez se usan menos), siguiendo dos procedimientos: a) Para el ganado bovino de carne, ovino y caprino, el chamuscado se realiza en campo sobre la planta en pie, procurando quemar poco la parte inferior de la planta para que resulte menos dañada y pueda rebrotar rápidamente. b) Para el ganado bovino lechero estabulado en las ciudades, el nopal de campo es cosechado (en ocasiones desde la raíz), cargado en camiones de 8-12 toneladas y trasladado a los establos, donde le queman las espinas usando chamuscadores con gas, para luego picar los cladodios con machete (cuchillo de 30 a 60 cm) o con picadoras mecánicas y proporcionarlo al ganado lechero a razón de 40 a 60 kg diarios por animal (Flores y Aranda, 1997).

En el sur de Estados Unidos de América, las nopaleras silvestres y cultivadas para forraje, son de variedades con espinas y su uso se realiza chamuscando el nopal en pie, con chamuscadores de gas (que es subsidiado por el gobierno en las temporadas de sequía), para ser utilizado por el ganado bovino de carne y la fauna silvestre, principalmente venados y jabalíes (Maltsberger, 1991).

En otros países en que se cultiva nopal con fines forrajeros, como Brasil (500,000 ha), Argentina (100,000 ha), Chile (1,000 ha), Sudáfrica (350,000 ha) y países del norte de África (200,000 ha), se utilizan principalmente variedades sin espinas, por lo que sólo se cortan y pican (a mano o con máquina) para proporcionarlo al ganado. En ocasiones las nopaleras son pastoreadas directamente por el ganado (Flores, 1999).

Se preveé un crecimiento considerable de las superficies de nopal con fines forrajeros en las zonas áridas y semiáridas de América y África, dada las superficies que ocupan estas zonas y la excelente adaptación del nopal a las condiciones ambientales que imperan en éstas.

2.9.1. Pasta de cáscara de fruta, pasta de semilla y proteína unicelular

Obtención de pastas de semilla y cáscara de tuna. La pasta obtenida después del proceso de extracción de aceite de la semilla de tuna también puede ser un importante complemento de forraje para aves domésticas, dado su alto contenido proteico, por lo que resulta ser un adecuado sustituto de otras pastas, tales como las de soya, maíz, cártamo, semilla de algodón y de ajonjolí. Otra fuente propuesta de forraje es la pasta de la cáscara de tuna (subproducto de la industrialización de este fruto); sin embargo, ésta se ha obtenido sólo en el laboratorio, a nivel industrial no se ven posibilidades de desarrollo de estos productos en el mediano plazo, debido a que no se ha desarrollado la industria de la tuna, no existen disponibles volúmenes importantes de materia prima para su elaboración.

Obtención de proteína unicelular a partir del nopal. De los azúcares (del jugo de tuna) también es posible la obtención de proteína de levadura, la cual representa una fuente de alimentación de elevado contenido proteico para el ganado; en el proceso la levadura utiliza carbohidratos como fuente de carbono y energía, y sales inorgánicas como fuentes de nitrógeno. Paredes (1976) encontró que la levadura *Cándida utilis* en cultivo intermitente, con 10.77 g/l de concentración de azúcares presentó una tasa máxima de crecimiento y un rendimiento, con base en el sustrato, de 42.6 %. Por su parte Mukkopadhyay *et al.* (1978) obtuvieron un rendimiento de biomasa de 12 g/l en cultivo por lotes de *Cándida utilis* con una relación C/N de 7 y una concentración inicial de azúcares de 25 g/l. Los autores indicaron que el jugo de tuna no debe tener componentes de la semilla, debido a que en ésta existen inhibidores del crecimiento de la levadura.

El nopal ha sido utilizado para desarrollar cultivos de bacterias y hongos, con la finalidad de obtener forraje de mejor calidad. Los mayores avances se han logrado en el nordeste brasileño, en donde Suzssuna, (1998, comunicación personal)* desarrolló el hongo *Aspergillus awamori* en nopal parcialmente deshidratado al sol (75% de materia seca). Resultados posteriores han señalado que se obtiene mejor respuesta a mayores niveles de deshidratación. Actualmente se está intentando pasar de la fase de laboratorio a la de fábrica (Anónimo, 1998). Se considera que será un gran avance la síntesis proteica vía fermentación en medio sólido o semisólido, utilizando el nopal como sustrato.

3. CONCLUSIONES

- 3.1. El nopal es ampliamente cultivado en alrededor de 25 países: América (más de 800,000 ha), Africa (alrededor de 500,000 ha), Sur de Europa (alrededor de 3,000 ha) y del Cercano Oriente (alrededor de 500 ha).
- 3.2. El nopal y la tuna son utilizados para producir: Alimentos y bebidas (de la fruta y del nopal verdura o nopalito), forraje, pigmento (grana de cochinilla) y para conservar el suelo.
- 3.3. El nopal y la tuna son procesados artesanal e industrialmente para producir: Alimentos, bebidas, “medicamentos”, cosméticos, artesanías y otros productos de la industria extractiva y la biotecnología.
- 3.4. Actualmente, los principales productos procesados del nopalito son: Alimentos (nopalitos en salmuera y escabeche, además de un grupo de nuevos productos), “medicamentos” y cosméticos. De la tuna: Alimentos (gel, mermelada y néctares) y bebidas alcohólicas. Del cladodio: Usos tradicionales (clarificante de agua y adherente para encalados) y artesanías.

En México, existen poco más de 20 empresas que elaboran nopalitos en salmuera y un poco más de 25 que elaboran nopalitos en escabeche; en los Estados Unidos de América existen cuando menos tres empresas que elaboran nopalitos en salmuera y al menos una que elabora nopalitos en escabeche. Se han detectado 15 marcas comerciales de salsa de

* Alberto Suzssuna. Ing. Agrónomo. Recife, Brasil.

nopalito, todas en los Estados Unidos de América. De otros alimentos con nopal, existen en México más de cuatro empresas. Al menos existen seis empresas (cuatro en México y dos en Estados Unidos de América) que producen mermelada de nopalito. Para mermelada de tuna, en México existen por lo menos cinco empresas y muchos talleres artesanales, en Estados Unidos de América existen más de cinco empresas, en Italia tres, en España y en Argentina existe al menos una en cada país. De dulces de tuna y nopalito existen algunas empresas comerciales solamente en Estados Unidos de América e Italia; en México, estos productos se elaboran en un gran número de talleres artesanales. La producción de bebidas alcohólicas de tuna (vinos, aguardientes y licores) se realiza en algunos países como México (dos empresas y muchos talleres artesanales), Perú (más de diez empresas), Italia (al menos tres empresas) y Dinamarca (una empresa). Los jugos de tuna (solos o mezclados con otros frutos) se producen en Estados Unidos de América en al menos cuatro empresas. Los productos “medicinales” (cápsulas, comprimidos, harinas y pomadas) son producidos en México por más de 30 empresas.

Los productos cosméticos (champúes, acondicionadores, jabones, cremas, geles y lociones) se fabrican en México en más de 20 empresas y en Italia en dos.

A pesar del considerable número de productos derivados de la tuna y del nopalito y el gran número de empresas involucradas tanto en México como en otros países, no existen plantaciones destinadas ex profeso para la industrialización, y los volúmenes procesados son muy pequeños, con excepción del nopalito en salmuera y en escabeche, mismos que en conjunto representan más de cuatro mil toneladas anuales, de los cuales al menos la mitad provienen de nopaleras silvestres y el resto de nopaleras cultivadas.

- 3.5. Los productos procesados con mayor potencial a nivel mundial, son: Del nopalito, alimentos (nopalitos en salmuera y escabeche, salsas, nuevos y promisorios productos) y cosméticos. De la tuna, alimentos (mermeladas, néctares, jarabes y dulces), jugos y bebidas alcohólicas. De los cladodios, proteína unicelular para alimento del ganado.

4. LITERATURA CITADA

- Abarca A., M. E. 1971. Estudio de la tuna para su industrialización. Tesis profesional. I.Q. Escuela de Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Puebla. México. 83 pp.
- Anónimo, 1998. Enriquecimiento proteico da palma forrageira por processo biotecnológico. Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuaria da Paraíba, S.A. tríptico.
- Arizmendi E., V.; A. M. L. Garcés y M. O., Alcaráz. 1980. Ensayo para la fabricación de aguardiente de tuna "Blanca" (*Opuntia spp*) CONAFRUT- SARH.México.
- Becerra R., H.; A. M. Garfunkel; R. A. González y S.S. Trevadan. 1969. Estudio teórico experimental sobre el aprovechamiento de nopal. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Químicas. UNAM, México.
- BeMiller J., N.; R. L. Whistler; D. G. Barkalow y C. C., Chen. 1993. Aloe, chia, flaxseed, okra, psyllium seed, quince seed, and tamarind gums. En: R. L. Whistler y J. N. BeMiller (Eds.) Industrial Gums, Polysaccharides and their Derivatives Academic Press, San Diego, Ca. U. S. A.
- Borrego E., F. y V.N. Burgos. 1986. El nopal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 202 p.
- Braverman, B.J. 1976. Introduction to the biochemistry of foods. Ed. Elsevier.
- Cano M., R. 1987. Estudios sobre acumulación, identificación y estabilidad de pigmentos en frutos de tuna (*Opuntia ficus-índica*) Cv Mexital. Tesis de Maestría en ciencias, Centro de Fruticultura, Colegio de Postgraduados, México. 92 pp.
- Cárdenas, A.; I. Higuera-Ciapara y F. M. Goycoolea. 1997. Rheology and aggregation of cactus (*Opuntia ficus-índica*) mucilage in solution. Jour. of the Professional Association for Cactus Development. 2: 152- 157.
- Cigala S., S. 1979. Industrialización integral de la tuna "Cardona". Tesis profesional. ESIQUIE. I.P.N. México. 195 pp.

- Colín B., C. 1976. Industrialización del nopal y sus productos. Tecnología LANFI. Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial. México. Vol. II. N° 2.
- Corrales G., J. 1992. Perspectivas de industrialización de nopalito y tuna. En Memoria del resumen del 5° Congreso Nacional y 3er. Congreso Internacional, Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. CONACYT-CIESTAAM-UACH. Chapingo, México. Pp. 97-98.
- Corrales-García, J. 1998. Industrialization of prickly pear pads (nopalitos). In: Proceedings of the International Symposium Cactus Pear and Nopalitos Processing and Uses. Universidad de Chile. Pp. 25-32.
- Corrales-García, J. 1998. Industrialization of cactus pear (*Opuntia spp*) pads (nopalitos). Cactusnet-FAO International Coop. Network on Cactus Pear. News letter 4th Issue: 3-5.
- Corrales G., J. y C.A. Flores V. 1996. The current status in Mexico of the many products being derived from cactus and tuna fruit. 7th Annual International Symposium. Texas Prickly Pear Council. Texas A&M University. Kingsville, Tx. U.S.A.
- Diacino, H. y V. Missam, 1948. A new source of pectin: *Opuntia vulgaris*. Homeostatic properties of this pectin. Ann. Pharm. Franc. 6: 457-461.
- Díaz C., M. y D. Alvarado M. 1990. Ensayos biotecnológicos con tuna; fermentación alcohólica. IV Reunión Nacional y II Congreso Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Zacatecas, Zac. México: p. 14.
- Escamilla, H. 1977. Proyecto para la industrialización de la tuna. Tesis profesional. Fac. Ciencias Químicas. UNAM. México.
- Fernández-Harp, J.A.; A. Fratti-Munari; A. Chávez-Negrete; A.B. de la Riva y G. Mares Gómez. 1984. Estudios hormonales en la acción del nopal sobre la prueba de tolerancias a la glucosa. Informe preliminar. Rev. Med. IMSS (Méx.) 22:387-390.
- Flores A., H. 1992. Producción de vino y aguardiente de tuna, alternativa en el aprovechamiento del nopal. Revista Ciencia y Tecnología, CONACYT. México. Vol. XVII, 102: 56-68.

- Flores V., C.A. 1999. Aprovechamiento del nopal forrajero a nivel mundial. Memorias. Curso taller sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. Asociación de Productores de Nopal de Nuevo León. A.C. Monterrey, N.L. México. 10 p.
- Flores V., C.A. y G. Aranda O. 1997. Forage uses of cacti in Mexico. In: Professional Association for Cactus Development. Third Annual Conference. September 1997. San Antonio Botanical Gardens. San Antonio, Texas, U.S.A.
- Fratti M., A. 1998. El nopal y sus aplicaciones medicinales. En: Nostas C. (Ed.). El nopal. Aprovechamiento y aplicación en la lucha contra la desertificación. Simposio Internacional. Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.
- Frati-Munari, A.C.; J.A. Fernández-Harp; M. Bañales-Ham y C.R. Araiza-Andraca. 1983. Disminución de glucosa e insulina sanguínea por nopal (*Opuntia spp*). Arch. Invest. Med. (México) 14, Vol. 3: 269-273.
- Frati-Munari, A. C.; S. Yever-Garcés; S. Islas-Andrade; C. R. Araiza-Andraca y A. Chávez-Negrete. 1987. Studies on the mechanism of hypoglycemic effect of nopal (*Opuntia sp*) Arch. Invest. Med. (México) 18: 17-22.
- Frati-Munari, A. C.; L. M. Del Valle-Martínez; C. R. Araiza-Andraca; S. Islas-Andrade y A. Chávez-Negrete. 1989. Hypoglycemic effect of different doses of nopal (*Opuntia streptacantha*) in patients with type II Diabetes Mellitus. Arch. Invest. Med. (México). 20: 197-201.
- Frati-Munari, A.C.; O. Vera-Lastras; I.C.R. Ariza-Andrea. 1992. Evaluación de cápsulas de nopal en Diabetes Mellitus. Gaceta Médica de México. 128: 431-436.
- Hoffmann, W. 1995. Ethnobotany. En: Barbera, G., P. Inglese and E, Pimental-Barrios. (Ed.) Agro-Ecology, cultivation and uses of cactus pear. Plant Production and Protection Paper. FAO. Roma, Italia. N° 132:12-19 pp.

- Ibañez-Camacho, R.; and M. Meckes-Lozoya. 1983. Effect of a semipurified product obtained from *Opuntia strpatacantha* Lemaire. on glycemia and triglyceridemia of rabbit.
- Ibañez-Camacho, R.; y R. Roman Ramos. 1979. Efecto hipoglucemiante del nopal. Arch. Invest. Med. (México.). 10: 223.
- Larios-Carmona, C.; J. J. Tueme y J. Calderón-Hernández. 1981. Estudio comparativo del jugo concentrado estabilizado y el colorante en polvo, obtenidos de la tuna "Taponá" (*Opuntia robusta* Wend) con extracto de col roja, concentrado de uva, concentrado de arándano, concentrado de betabel y rojo 40. Promotora del Maguey y del Nopal; México. Colección: Estudios y Proyectos N° 31.28 pp.
- Mabry, T. J. Y A. S. Dreiding. 1968. The betalains. En: R.E. Alston y V.C. Runeckles (Eds.). Recent advances in phytochemistry, Vol. 1. Appleton Century Croft, N.Y.: 146-181.
- Mackinney, G. y C. O. Chichester, 1954. The color problem in food. Advances in food research 7: 301-351.
- Maltsberger, W.A. 1991. Feeding and supplementing prickly pear cactus to beef cattle. Proceedings 2° Annual Texas Prickly Pear Council. Caesar Kleberg Wildlife Research Institute. Texas A&M University. Kingsville. Texas. 104-117 Pp.
- Meckes-Lozoya, M. y R. Roman-Ramos. 1986. *Opuntia streptacantha*: a coadjutor in the treatment of Diabetes Mellitus. Amer. J. Clin. Med. 14:116-118.
- Mukhopadhyay, S. N.; A. O. Vale; E. C. Rubio y G. C. Arcos. 1978. Studies on the variables and kinetics of S.C.P. production from nopal fruit juice. European Jour. of Applied Microbiology and Biotechnology 6 (1): 55-56.
- Ochoa de C., M^a. J. 1997. Estado actual del nopal en la República Argentina. En: Vázquez A. R. (Ed.) VII Nacional y V Internacional Congreso sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 21-27 pp.

- Paredes L., O. 1976. Utilización del jugo de tuna para la producción de proteína microbiana en cultivos intermitente y continuo. *Tecnología de Alimentos. México.* 11: 155-165.
- Pash, J. H. y J. H. Von Elve. 1977. Red and yellow. Pigments from betalains promise as substitutes for color banned by FDA. *Candy Snack Ind.* 142 (3): 32.
- Penfold, A. R. y F. R. Morrison. 1933. Use of prickly pear in the treatment of diabetes and the preparation of a concentrated extract. *Sydney Tech. Coll. Chem. Soc.* 5: 51.
- Pérez G., J. L.; G. J. A. Raigosa; S. Rodríguez; L. M. A. Guarneros; T. A. H. Sandoval y G. C. Pérez. 1980. Colorante, polisacárido y forraje a partir de la tuna "Roja" (*Opuntia robusta* Wendl). *Promotora del Maguey y del Nopal (Méx.)*, Colección: Estudios y Proyectos N° 30. 32 pp.
- Piatelli, M., y F. Imperato. 1969. Betacyanins of the family Cactaceae. *Phytochem.* 8: 1503-1507.
- Pimienta, E. 1991. An overview of prickly pear cultivation in the central part of México. *Proc. 2nd Annual Texas Prickly Pear Council*: 1-17.
- Recevuto-Solina, A. y P. Guzzardi. 1941. The oil of seeds of prickly pears. *Ann. Chem. Applicata* 31: 273.
- Rodríguez G., L.; G. Vela; C. S. Medina T. y J. G. Álvarez L. 1995. Fabricación de pintura vinílica con el excedente de la producción de nopal verdura en Milpa Alta, D.F. Centro para la innovación tecnológica. Universidad Autónoma de México. México. 20 p. y anexos.
- Sáenz, C. 1997. Cactus cladodes: a source of dietary fiber. *Jour. of the Profess. Assoc. on Cactus Development.* 2: 117-123.
- Sapers, G. M. y J. S. Horstein. 1979. Varietal differences in colorants properties and stability of red beets pigments. *Jour. of Food Sci.* 44 (4): 125.
- Soto J., M. 1979. Estudio experimental para la obtención de ácidos grasos a partir del aceite de semilla de tuna. Tesis profesional (I.Q.I.) ESIQIE/I.P.N. (México)

- Sudzuki H., F. 1992. Uso y aprovechamiento de los nopales en Chile. En: 5º Congreso Nacional y 3º Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Memoria de Resúmenes. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. México. p.56.
- Sulman, F. G. y E. Menczel. 1962. Antidiabetic plant product. I. Harojeach haivei. 9:6.
- Trejo-Gonzalez, A.; E. Calva; P. J. Monterrubio; R. Hernández; L. Sánchez; J. Terrazas; M. A. Ruida y B. Cobos. 1991. Antidiabetic properties of prickly pear cactus. Proc. 2nd Annual Texas Prickly Pear Council: 75-78.
- Valdez V., S. A. Valadez V. y S. Chatelain M. 1979. Pigmentos de la tuna cardona como posibles colorantes alimentarios. Fruticultura Mexicana. Comisión Nacional de Fruticultura. México. Año 2, N° 15-18. Tomo I, 32 p.
- Villarreal, F.; M.P. Rojas; V. Arellano y J. Moreno. 1961. Estudio químico sobre seis especies de nopales (*Opuntia* spp). Ciencia Mexicana. 22:59-65.
- Villarreal, F.; E. de Alba; y G. Romero. 1964. Estudio químico sobre jugos de tunas enlatados. Ciencia, 23: 75-82.



Figura 9. Nopalera para fruta de la variedad Copena Torreoja, en Ojuelos, Jalisco. México.

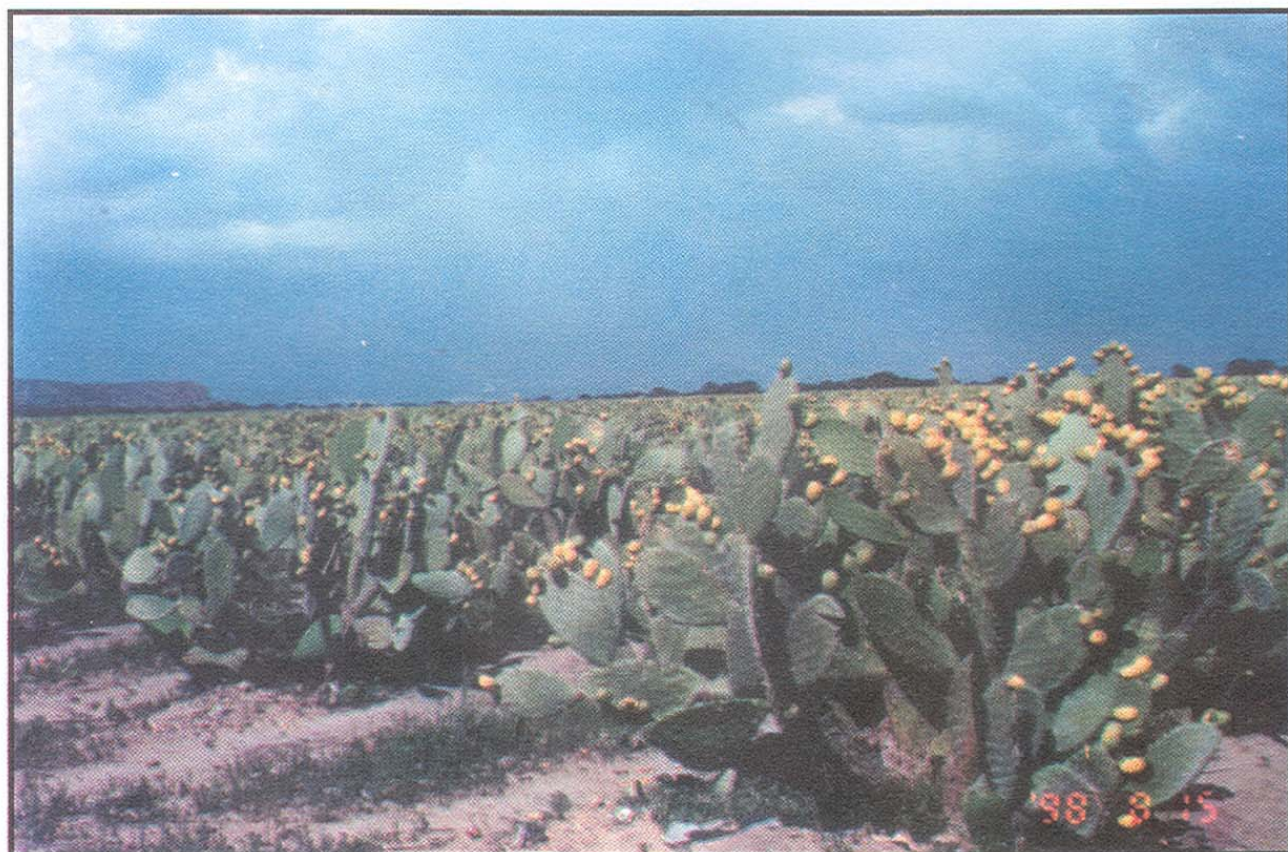


Figura 10. Nopalera para fruta de la variedad Esmeralda, en San Diego de la Unión, Guanajuato, México.



Figura 11. Plantación de nopalito en Milpa Alta, Distrito Federal, México.



Figura 12. Nopalito bajo plástico en El Arenal, Hidalgo. México.



Figura 13. Nopalera silvestre en Pinos, Zacatecas, México. Constituida por nopal tapón, carón, cuijo y rastrero, entre otros.



Figura 14. Planta de nopal cardón en La Victoria, Pinos, Zacatecas. México.



Figura 15. Colección de presentaciones comerciales de nopalitos en salmuera. Programa Nopal, CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo.



Figura 16. Colección de presentaciones comerciales de nopalitos en escabeche. Programa Nopal, CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo.



Figura 17. Colección de presentaciones comerciales de salsas de nopalitos. Programa Nopal, CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo.

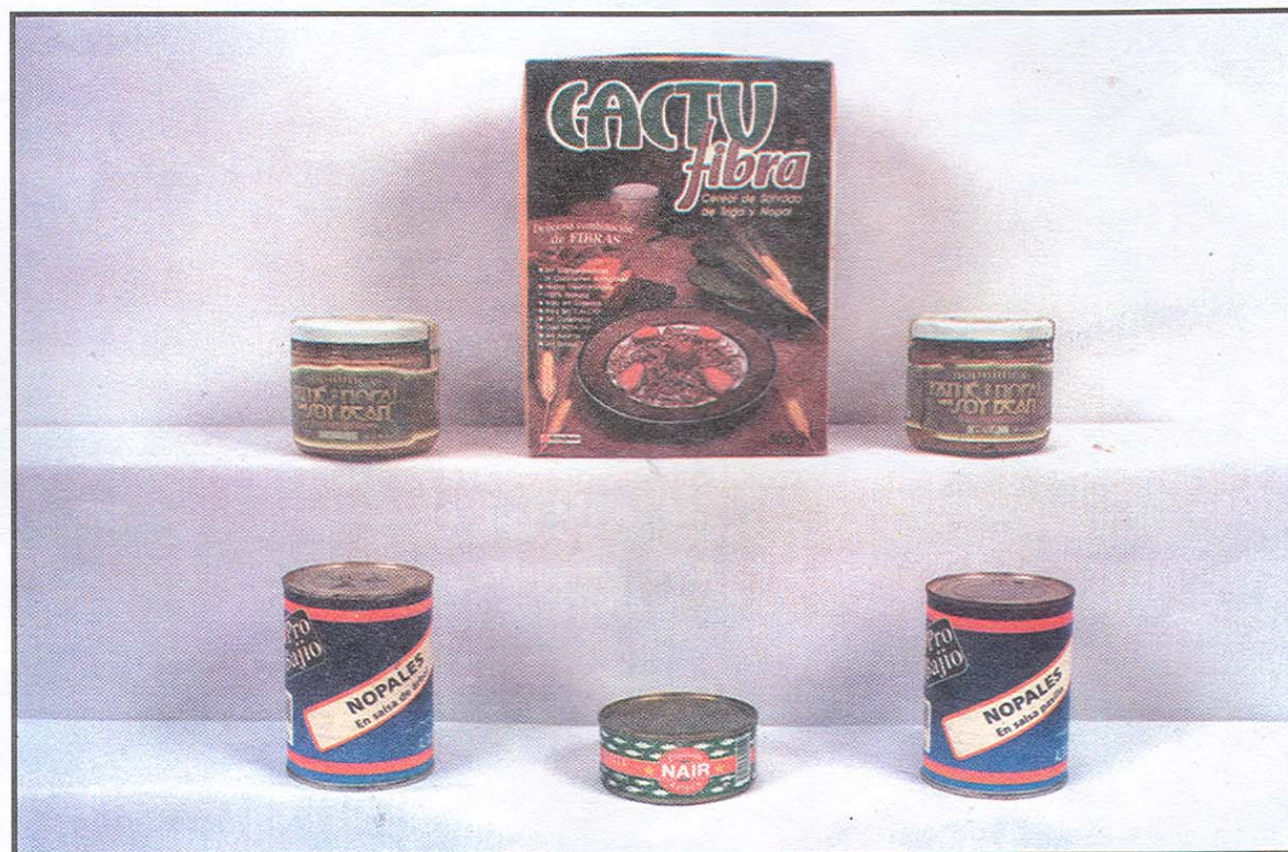


Figura 18. Colección de presentaciones comerciales de otros alimentos con nopal. Programa Nopal, CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo.



Figura 19. Colección de presentaciones comerciales de mermeladas de nopalito y de frutas adicionadas con mucílago de nopal. Programa Nopal, CIESTAAM. UACH.



Figura 20. Colección de presentaciones comerciales de mermeladas tuna elaboradas en diversos países. Programa Nopal, CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo.



Figura 23. Colección de presentaciones comerciales de bebidas de tuna y nopalito. Programa Nopal. CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo.



Figura 24. Colección de presentaciones comerciales de productos medicinales elaborados con nopal. Programa Nopal, CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo.



Figura 25. Colección de presentaciones comerciales de productos cosméticos elaborados con nopal. Programa Nopal, CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo.



Figura 26. Colección de artesanías elaboradas con fibra de los cladodios del nopal. Programa Nopal, CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo.

Esta edición consta de 500 y
se terminó de Imprimir en Septiembre del 2000
en los Talleres Gráficos de
IMPRESOS AMERICA
Av. Hidalgo # 51 San Vicente Chicoloapan, Edo. De México
Tels. 01(592) 1-64-32 1-56-02

Impreso en México.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
CENTRO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, SOCIALES Y TECNOLÓGICAS
DE LA AGROINDUSTRIA Y LA AGRICULTURA MUNDIAL (CIESTAAM)

DIRECTORIO DE LA UACH

Dr. José Reyes Sánchez

Rector

Dr. Clemente Villanueva Verduzco

Director General Académico

Ing. Antonio Arroyo Guadarrama

Director de Administración

Ing. José Luis Aragón Villatoro

Director de Difusión Cultural

Ing. Raúl Reyes Bustos

Director de Patronato Universitario

Dr. Gustavo Almaguer Vargas

Subdirector de Investigación

Dra. Rita Schwentesius Rindermann

Directora del CIESTAAM

**Tendencias actuales y futuras en el procesamiento
del nopal y la tuna**

Edición del Área de Publicaciones del CIESTAAM a cargo de Gloria Villa H.

Corrección de estilo: Salvador Bravo G. Formación: Ma. Lidia Ordaz G.,

Fotografía: Macario Cruz M.

Se imprimieron 500 ejemplares más sobrantes para reposición

Se terminó de imprimir en el mes de septiembre del 2000

Otras publicaciones del CIESTAAM

Libros

- Desafíos de la agricultura orgánica. *Certificación y comercialización.*
- La destrucción de las indias y sus recursos renovables.
- Los directores de la Escuela Nacional de Agricultura. *Semblanzas de su vida institucional.*
- TLCAN y agricultura – NAFTA and agriculture. Experiencia a cinco años. *Memoria del Seminario.*
- Ganar–Ganar en el medio rural. *El arte de la venta de servicios profesionales con valor agregado.*
- Agricultura de exportación en tiempos de globalización. *El caso de las hortalizas, frutas y flores.*
- Análisis de la Alianza para el Campo. *Memoria del Seminario Nacional.*
- TLC y agricultura ¿Funciona el experimento? – NAFTA and agriculture. *Is the experiment working?*

Reportes de Investigación

- El TLCAN y la inocuidad alimentaria en la industria cárnica mexicana. Reporte 48.
- Estructura básica de la citricultura argentina. Reporte 47.
- La competitividad de las exportaciones mexicanas de aguacate: *Un análisis cuantitativo.* Reporte 46.
- El desarrollo autogestivo de la Unión Regional de Pequeños Productores de Café de Huatusco, Veracruz, México. Reporte 45.
- Frutas exóticas. *Perspectivas para México en el cauce globalizado del comercio.* Reporte 44.
- Ajuste y reanimación de los cítricos de Cuba. Reporte 43.
- La cadena porcina mexicana frente a la liberación comercial: *Un caso jalisciense de insuficiente integración.* Reporte 42.
- Cítricos y TLCAN. *Expectativas y realidades.* Reporte 41.
- Ajuste y cambio estructural en la agricultura Mexicana. *El caso del arroz.* Reporte 40.
- Crisis agrícola en México: 1982-1996. *Diagnóstico y propuesta de solución.* Reporte 38.