



28
24.
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

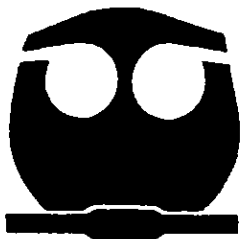
FACULTAD DE QUIMICA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

ALTERNATIVAS PARA EL DESARROLLO DE
BEBIDAS NO ALCOHOLICAS A BASE DE TUNA

**TRABAJO MONOGRAFICO DE
ACTUALIZACION**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICA DE ALIMENTOS
P R E S E N T A
LUISA MA. DEL CARMEN MORENO LOMELIN



MEXICO, D. F.

1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

273844



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE	Prof. FRANCISCA AIDA ITURBE CHIÑAS
VOCAL	Prof. MARCO ANTONIO LEON FELIX
SECRETARIO	Prof. JUAN DIEGO ORTIZ PALMA PEREZ
1er SUPLENTE	Prof. RUTH VILLASEÑOR GUTIÉRREZ
2do SUPLENTE	Prof. BERTHA JULIETA SANDOVAL GUILLEN

Fca Aida Iturbe Ch.

M. en C. Francisca Aída Iturbe Chiñas
Asesora del Tema

[Signature]

Luisa María del Carmen Moreno Lomelín
Sustentante

A CRISTO

A LA DULCE SIEMPRE VIRGEN MARÍA

A MAMÁ Y PAPÁ, CON TODO MI AMOR Y GRATITUD

***A MIS HERMANOS, RAMIRO Y GABRIEL, CON MUCHÍSIMO
CARIÑO***

A MIS FAMILIARES,

A MIS PROFESORES,

A MIS AMIGOS,

A LA U.N.A.M.

***A TODOS LOS QUE HICIERON TAN MARAVILLOSOS LOS
DÍAS EN LA FACULTAD DE QUÍMICA***

***Y POR ÚLTIMO GRACIAS A TODAS LAS PERSONAS QUE ME
AYUDARON A HACER REALIDAD ESTE TRABAJO.***

INDICE

Capítulo	Página
I Introducción	1
Las Zonas Aridas en México	1
¿Por qué la Tuna?	2
¿Por qué Bebidas no Alcohólicas a Base de Tuna?	5
II Objetivos	7
General	7
Particulares	7
III Bebidas no alcohólicas a base de fruta	8
Definición y Clasificación.	8
Situación General a Nivel Internacional	15
Situación General a Nivel Nacional	17
Tecnología y Procesos	22
Conclusión del Capítulo	33
IV Materia Prima: La Tuna	35
Generalidades	35
Producción y Mercado de Tuna	39
Fisiología y Clasificación Botánica	44
a)El Nopal	44
b)La Tuna	48
Grados de Calidad	54
Rendimientos	58
Análisis Físicoquímico y Análisis Nutritivo	60
Microbiología	67
Aspecto Sensorial	72
Conclusión del Capítulo	74

V	Desarrollo de Bebidas no alcohólicas a base de tuna	76
	Recepción, Limpieza y Almacenamiento de Materia Prima	76
	Lavado	80
	Corte y Extracción	80
	Filtrado y Clarificación del jugo	81
	Obtención de jugo y néctar de tuna	84
	Obtención de concentrados	88
	Situación Actual de la Obtención y Preservación de Jugo y Concentrados de Tuna	90
	Refrescos y bebidas listos para beber	94
	Bases de preparación en polvo	99
	Estudios previos sobre proyección de bebidas no alcohólicas a base de Tuna en México	102
	Aprovechamiento integral del fruto. Subproductos y Alternativas	104
	Conclusión del Capítulo	109
VI	Conclusiones Generales	111
VII	Bibliografía	115

20	Fórmula para una bebida enlatada hecha a partir de Tuna	94
21	Resultados de diferentes condiciones de proceso en la conservación de una bebida enlatada, elaborada a partir de tuna	96
22	Vida de Anaquel. Refresco en polvo de Tuna	101
23	Análisis de Semilla de <i>O. streptacantha leimare</i> (Tuna Cardona) y <i>O. ficus indica</i> (Tuna de Castilla), % Base Húmeda	105
24	Análisis de Cáscara de Tuna Cardona	105
25	Contenidos de Pectina (porcentaje en base húmeda)	106

INDICE DE FIGURAS Y DIAGRAMAS

Número		Página
1	Clasificación de Bebidas no Alcohólicas a base de Frutas.	14
2	Exportaciones vs Importaciones de Jugos de Fruta (1994-96)	19
3	Comparación primer semestre 1990 a 1996. Exportaciones de jugos de fruta en México	19
4	Distribución del Volumen de Exportación de Jugos Mexicanos (1996)	20
5	Participación en Exportaciones de Jugos Mexicanos (1996)	20
6	Obtención de Jugos, Néctares, Concentrados y Deshidratados.	32
7	La Tuna, un recurso original y muy "mexicano"	38
8	Principales Edos. Productores de Tuna en México (1996)	39
9	Evolución de la Producción de Tuna en México. (1980-1995)	40
10	Evolución de la Producción de Tuna en México. (1994-1996)	41
11	Variación del precio de la Tuna en la República Mexicana	42
12	Flor del Nopal	46
13	El Nopal	46
14	Tuna Blanca	53
15	Tuna Roja	53
16	Carga Microbiana en Cáscara de Tuna	69
17	Carga Microbiana en Pulpa de Tuna	69
18	Flora microbiana responsable de las alteraciones de la tuna. Porcentajes en base al total de cepas inoculadas	70
19	Flora microbiana responsable de las alteraciones en la tuna. Porcentajes en base al total de cepas positivas	70
20	Práctica de deshuateado con escobas	77

INDICE DE TABLAS

Número		Página
1	Toneladas generadas por el Sector de Bebidas en México (1994-1997)	17
2	Valores de Facturación del Sector de Bebidas en México (1994-1997)	18
3	Nivel de Uso (%) de Conservadores Recomendados para Bebidas	27
4	Clasificación taxonómica del Nopal	47
5	Características Generales de las Principales Variedades Comerciales de Tuna en México.	48
6	Principales Variedades Comerciales de Tuna en México	52
7	Grados de Calidad. Tuna para consumo en fresco	55
8	Empacado de la Tuna según Grado de Calidad. Municipio de San Salvador, Hidalgo	56
9	Clasificación de la Tuna considerada para su industrialización	56
10	Rendimientos de las principales variedades comerciales de Tuna.	58
11	Diferentes Rendimientos Reportados para la Tuna Cardona	59
12	Parámetros Fisicoquímicos para diferentes variedades de Tuna. Porción comestible en Base Húmeda.	61
13	Sólidos solubles promedio en °Brix para las principales variedades comerciales de Tuna	62
14	Contenido de Vitamina C para diferentes variedades	64
15	Tabla comparativa de la composición de la porción comestible de la tuna y otras frutas	66
16	Principales enfermedades del nopal tunero	67
17	Principales alteraciones de la Tuna durante su conservación postcosecha	68
18	Datos comparativos del líquido a filtrar vs corridas recomendadas para la primera filtración. Escalamiento planta piloto	83
19	Especificación para Jugo de Tuna	91

RESUMEN

Las zonas áridas y semiáridas representan el ecosistema que ocupa la mayor parte de la superficie de nuestro país. Tradicionalmente, estas zonas se han considerado como zonas improductivas y de bajo desarrollo, caracterizándose por presentar serios problemas socioeconómicos. En cuanto a agricultura, comúnmente se recurre a la explotación de los cultivos tradicionales (maíz, frijol), lo cual únicamente proporciona escasos rendimientos e inseguridad. Sin embargo, estos ecosistemas cuentan con recursos cuyo potencial no se ha aprovechado. Dentro de éstos, se cuenta con la tuna, la fruta del nopal, un vegetal con una sorprendente capacidad de adaptación y cuya producción requiere menos tiempo a comparación de otras alternativas. México es la casa de la tuna, contando con una producción y variedades únicas en el mundo. Sin embargo, la tuna sólo se encuentra disponible en una corta temporada y su consumo se limita principalmente al consumo en fresco, situaciones que limitan el provecho que se podría obtener de su cultivo. La comercialización de productos con fruta es una opción que aminora estas desventajas y en cambio, aprovecha su versatilidad. El mercado de bebidas con fruta es un mercado de importancia a nivel mundial y con expectativas muy interesantes a nivel nacional. Dentro de los intentos por industrializar la tuna, los jugos, refrescos y bebidas han sido opciones consideradas como las más viables para aprovechar la tuna. Sin embargo, se trata de trabajos que no han sido puestos en marcha, y en general, actualmente se observa poco interés al respecto, bajo la suposición de que se trata de una investigación sin futuro, descartando el tema. El presente trabajo pretende analizar las causas por las cuales dichas propuestas no fructificaron, evaluando en base a la situación actual del mercado y tecnología para este tipo de productos, si vale la pena retomarlos, o si en realidad convendría descartarlos. Con este fin, se incluye una introducción, que detalla la importancia de industrializar la tuna, seguida por el desglose de los objetivos de la tesis; el siguiente capítulo presenta un breve panorama sobre la situación de bebidas no alcohólicas con fruta a nivel mundial y en nuestro país, en cuanto a mercado y tecnología,

para proporcionar los elementos básicos de evaluación; el cuarto capítulo considera las características de la materia prima; en el quinto se analiza el caso específico de los desarrollos de bebidas no alcohólicas de tuna, y finalmente, se concluye sobre las deficiencias y aciertos encontrados, elaborando un balance que proporciona un juicio actualizado sobre las posibilidades de estas alternativas.

I INTRODUCCIÓN

Las Zonas Áridas en México.

México es un país que por sus condiciones geográficas, cuenta con una gran extensión de zonas áridas y semiáridas. Rzedowski en 1959 (Castañeda, 1986) estimó la extensión de dichas zonas entre el 50 y el 70% del territorio nacional; Piña en 1970 (Ramírez, 1981) calculó que su extensión era mayor al 60 %.

Las zonas áridas y semiáridas del país, en su mayoría, se caracterizan por un escaso desarrollo técnico y económico con serias implicaciones sociales, pues sus habitantes, al carecer de fuentes de empleo, emigran a las grandes ciudades en busca de un medio de supervivencia para sus familias, por lo que aquellas regiones quedan pobladas, predominantemente, por mujeres, niños y ancianos.

En las zonas de temporal deficiente, la explotación de los cultivos tradicionales como maíz, frijol y cebada, presenta escasos rendimientos, inseguridad y por lo tanto, una baja rentabilidad. Los factores que limitan el desarrollo de estos cultivos en dichas zonas son, entre otros, la inseguridad de lluvias y humedad en lugares en donde de por sí, la precipitación es muy baja; la infertilidad de las tierras y la presencia de heladas y granizadas.

Paradójicamente, en buena parte de estas zonas existe un gran potencial para algunos cultivos, entre los que figura, el nopal tunero.

¿ Porqué la Tuna?

El cultivo y la explotación comercial del nopal tunero es una alternativa interesante, ya que, dada su gran capacidad de adaptación, logra persistir en zonas en donde las condiciones climatológicas impiden la producción de otros cultivos, además de la baja inversión y costos mínimos de producción que requiere. Desde luego, no es la única opción. La lechuguilla o el maguey también se adaptan a las condiciones de temporal deficiente. Sin embargo, su producción requiere mayor tiempo en comparación con el nopal tunero y su rentabilidad es menor (Ibarra,1994).

La importancia de este cultivo para las zonas áridas y semiáridas ha sido contemplada desde hace tiempo por algunos investigadores mexicanos. El nopal posee un alto potencial de industrialización; la tuna es una opción, de la cual a su vez, se desprenden alternativas. Sin embargo, a pesar de su influencia y aceptación en nuestra cultura, en México falta cobrar conciencia de su importancia, cosa que en cambio, ha sucedido en otros países cuyo patrimonio al respecto no es comparable con el nuestro, por ejemplo, Italia, de donde inclusive nos han llegado especies de nopales mejorados, como reportan Bravo y Piña (Castañeda, 1986), o Chile, en donde se ha realizado investigación para impulsar su procesamiento (Sáenz, 1990 y 1993) y donde actualmente se comercializa pulpa de tuna y mitades de tuna congeladas (Helguera, 1998).

En nuestro país, la tuna es desconocida en varias regiones, como la mayoría de las costas del sur y la frontera norte, en donde si acaso llega, es en muy bajos volúmenes, calidad deficiente y precios bastante elevados, lo cual provoca que en términos de demanda a nivel nacional, aún se trate de un mercado limitado. (Ibarra, 1994).

El nopal tunero, se cultiva para la obtención de verdura (nopalito), de forraje (pencas) y de fruta (tuna). Tradicionalmente, la desorganización de los campesinos y las inadecuadas prácticas de cultivo, cosecha y manejo post-cosecha, han mermado los rendimientos y la

calidad de la tuna. En respuesta a esta problemática, en algunas regiones se ha hecho un gran esfuerzo y se ha logrado organizar a los productores, mejorando sensiblemente dichos factores; sin embargo, prevalecen serios problemas, relacionados con la comercialización del producto, en donde se obtiene la mayor parte de las utilidades y por lo cual, no se han aprovechado por completo los esfuerzos mencionados ni se han generado las recompensas que podrían obtenerse

El consumo de la tuna se limita al consumo en fresco y en productos tradicionales con difusión local. Se vende durante los primeros tres o cuatro días después de su cosecha, pues después se vuelve poco negociable, ya que su presentación se torna poco atractiva.

En los canales de comercialización de la tuna, en general, se presenta una excesiva intermediación, de donde resulta que el consumidor compra la fruta con un margen bastante alto de diferencia con respecto al precio al que vende el productor, y sin embargo, la mayor parte de los beneficios no llegan a éstos.

Al igual que otras frutas, la tuna presenta una época de oferta máxima, generalmente Julio y Agosto, con ligeras variaciones ocasionadas por el clima. En todas las zonas donde se produce tuna en la República Mexicana, la cosecha se registra en la misma época, y por lo tanto, es la única temporada que tienen todos los productores para comercializar su producción. Al presentarse la mayor parte del volumen de tuna en tan solo cuatro semanas, que es el lapso que dura el pico máximo de producción, la oferta rebasa la demanda, saturándose el mercado y provocando un desplome de precios. Según un estudio de Ibarra (1994), en la mitad de la temporada, el precio se llega a reducir hasta en un 75% con respecto al precio inicial.

A lo anterior se suma la falta de centros de acopio regionales para recepción y distribución, por lo cual se pierden cantidades considerables de tuna.

A pesar de todo esto, la tuna ha demostrado impactar positivamente en regiones como en San Salvador, Municipio de Hidalgo, en donde según estadísticas aportadas por la Sociedad Local de Crédito Ejidal de Responsabilidad Ilimitada Productora de Tuna y Nopal en el Ejido de Lagunilla, los márgenes de utilidad que se obtienen son atractivos, considerando especialmente que, a partir de un suelo que se pensaba improductivo, hoy cuentan con una fuente de empleo remunerativo con salarios superiores al mínimo de la región durante el periodo de cosecha (2 a 4 meses al año) (Ibarra, 1994).

¿ Porqué bebidas no alcohólicas a base de tuna?

Establecer alternativas para aprovechar el potencial de la tuna, así como el desarrollo de nuevas tecnologías, productos de mayor vida de anaquel, mayor demanda, y más fácil comercialización, colaboraría a evitar vender en el pico máximo de producción con precios bajos, y aumentaría el valor agregado de la fruta.

Existen varios trabajos cuyos objetivos han girado en torno a la industrialización y procesado de la tuna. En el extranjero, la preferencia por la obtención de colorantes a partir de tunas rojas y púrpuras ha sido el principal punto de atención. En México, hay varios temas alrededor de los cuales ha girado la investigación, siendo las bebidas no alcohólicas y los insumos para éstas uno de los principales. Un grupo importante se desarrolló durante la década de los setentas, presentando principalmente proyectos que proponían la obtención de néctar, jugos y bebidas enlatadas o deshidratadas como las mejores opciones. En la década de los ochentas, varios trabajos contribuyeron en un proyecto para contemplar a la tuna como una fuente alimentaria y energética. En esta etapa, se hicieron estudios sobre clarificación, obtención de jarabes como insumos para la industria alimentaria, etc. Algunos de ellos se dedicaron en específico a recopilar y presentar las alternativas disponibles, analizando su factibilidad.

Los autores de estos trabajos coinciden en que la industria pronto se vería interesada en sus propuestas. Sin embargo, aún tratándose de proyectos originales y factibles, lo cierto es que quedaron en ideas, y no en la práctica. Ya en la década de los noventas, casi no se encuentran trabajos por el estilo.

Por otra parte, a nivel mundial el mercado de bebidas no alcohólicas con fruta presenta interesantes alternativas, aprovechando la tendencia a buscar lo “natural”, explotando las frutas “tradicionales” y obligando a innovar continuamente, por ejemplo, con

combinaciones y frutas “exóticas”, entre las que podría catalogarse la tuna. Además, las bebidas son una opción interesante para ampliar la demanda por la tuna, pues mediante esta forma de consumo se eliminan las semillas, que son un factor que determina en ocasiones el rechazo de esta fruta.

Con base en lo anterior, con este trabajo se pretende analizar porqué los esfuerzos realizados no han sido puestos en práctica y plantear la posibilidad de retomar el tema. Para esto, es necesario hacer una exploración y actualización de los recursos técnicos que pudieran aplicarse a la elaboración de bebidas con tuna. Esta evaluación pretende reorganizar las líneas de investigación y colaborar para que se consideren estudios posteriores de factibilidad técnica y económica a profundidad, planeados, por un lado, en base a lo que ya se ha logrado, y por otro, en base a las necesidades que aún no se han cubierto. De esta manera, se busca aprovechar un recurso natural representativo de las zonas áridas, que definitivamente amerita una explotación inteligente y controlada para el beneficio de quienes viven en base a ella y como una forma más de apoyar el desarrollo económico del país.

II OBJETIVOS

General

Organizar la información disponible y detectar las necesidades de investigación con el fin de actualizar la situación del desarrollo de bebidas no alcohólicas a base de tuna y emitir un juicio que indique la dirección que debe seguir este proyecto.

Particulares

Generar información que colabore al diseño de un estudio de mercado actualizado.

Recopilar, clasificar, actualizar y analizar información para generar propuestas que cubran las deficiencias y aprovechen los aciertos de la investigación realizada hasta ahora, considerando nuevas alternativas para el desarrollo de este tipo de bebidas.

Proporcionar elementos para que sean evaluados y apoyados, técnica y financieramente, proyectos agroindustriales que impulsen la mejora económica en zonas áridas y semiáridas.

III BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS A BASE DE FRUTA

Definición y clasificación.

Este trabajo comprende las diferentes propuestas para bebidas no alcohólicas a base de tuna por lo cual, conviene definir qué se entiende por un alimento de este tipo.

El término bebidas no alcohólicas abarca un amplio abanico de bebidas. El Reglamento de la Ley General de Salud (Secretaría de Salud, 1988) las define como “las bebidas industrializadas endulzadas o no, que pueden prepararse con agua potable o purificada o con agua mineral, a las que se agregan aditivos, saborizantes naturales o sintéticos y colorantes autorizados, adicionados o no de jugo o pulpa de frutas, que pueden contener bióxido de carbono y hasta 1.9% de alcohol etílico, y que para su venta o suministro al público requieren estar protegidas con envases provistos de cierre hermético para prevenir su contaminación. Se incluyen en esta definición, las diversas clases de agua envasada para consumo humano” (Art. 785).

En el mismo reglamento, se especifican 4 denominaciones. La primera, “Refresco, imitación a sabor de....” considera aquellas bebidas en cuya elaboración intervienen tanto saborizantes como jugo y/o pulpa de frutas (Art. 794). En la segunda y tercera, “Refresco con...” y “Refresco de...”, se consideran aquellas bebidas en cuya elaboración intervenga necesariamente jugo y/o pulpa de frutas (Art. 795). Para las denominaciones anteriores, la Secretaría no establece un porcentaje de fruta obligatorio, dejando este criterio para la norma correspondiente. Finalmente, con la denominación “Bebida de...”, la Secretaría pide un contenido mínimo de 40% de jugo o pulpa de fruta (Art. 798).

Ahora bien, actualmente no se ha generado la norma oficial que regule las bebidas no alcohólicas en base a su contenido de fruta. Únicamente se cuenta con una norma de referencia, la NOM F-439-1982 la cual propone dos tipos de productos divididos en tres subtipos:

Tipo 1. Bebidas.

- a) Bebidas de...
- b) Bebidas nutricionales...
- c) Bebidas bajas en calorías

Tipo 2. Refrescos.

- a) Refrescos de...
- b) Refrescos sabor de...
- c) Refrescos bajos en calorías...

Es decir, la NOM F-439-1982 considera 2 tipos de bebidas y 6 denominaciones. Para el primer tipo, "bebidas", y la primera denominación, "bebidas de...", se debe cumplir con un porcentaje de jugo o pulpa de fruta entre el 10 y el 25%. Las otras dos denominaciones regulan bebidas nutricionales y bajas en calorías, pidiendo el mismo porcentaje de fruta. Para el segundo tipo, "refrescos", y la primera denominación, "refrescos de...", el porcentaje de jugo o pulpa de fruta debe encontrarse entre el 10 y el 6%. Para la segunda denominación de este tipo, "refrescos sabor de...", el porcentaje de jugo o pulpa de fruta es inferior al 6%. La última denominación de este tipo se refiere a refrescos bajos en calorías, cuyo porcentaje de contenido de fruta debe cumplir con los requisitos de alguna de las dos denominaciones anteriores.

En el caso de los jugos y néctares, el Reglamento de la Ley General de Salud, en su título dedicado a frutas, hortalizas, leguminosas y sus derivados, establece las siguientes definiciones:

Artículo 715. "Se entiende por jugo de frutas u hortalizas, el producto obtenido por extracción del endocarpio, sin diluir y de las materias de las hortalizas maduras, sanas y limpias; al que por procesos adecuados se le puede remover la pulpa parcial o totalmente".

Artículo 720 “Se entiende por néctar, al producto constituido por el jugo y la pulpa de frutas, adicionado de agua, azúcares y otros aditivos que permita la Secretaría”.

Es decir, un jugo de fruta es el resultado de la extracción del contenido de la fruta, mientras que el néctar es la combinación de este producto con pulpa, agua, edulcorantes y otros aditivos. En el caso de los néctares, el porcentaje de fruta mínimo para declarar esta denominación según la legislación mexicana se especifica en la norma para cada néctar, y varía dependiendo de la fruta en cuestión. Los jugos de frutas y hortalizas pueden someterse a procesos de concentración, congelación o deshidratación (Art. 716). Un jugo concentrado o deshidratado puede reconstituirse para obtener las características originales del jugo correspondiente (Art. 717). Los ingredientes y aditivos permitidos en cada caso quedan a consideración de lo permitido en el mismo Reglamento y en la correspondiente norma oficial (Art. 716 y 719). En el caso de los jugos, la adición de colorantes, emulsivos y otros aditivos permitidos (exceptuando sustancias aromáticas artificiales), cambia la denominación del producto a “concentrado de frutas” (Art. 688).

En el Codex Alimentarius (Suplemento, 1989) se establece para los jugos concentrados de fruta un contenido de sólidos solubles en el producto por lo menos dos veces mayor que el contenido del zumo original destinado al consumo directo, y para los néctares el contenido de fruta y/o zumo de fruta en el producto no será normalmente inferior al 30%, conservados ambos exclusivamente por medios físicos.

Como se puede observar, no existe una clasificación oficial en México que agrupe de manera clara y actualizada todas las variantes de bebidas no alcohólicas en base a su contenido de fruta, por lo que normalmente se presenta una gran inconsistencia en la denominación de estas bebidas.

En 1994, Vega presentó un anteproyecto donde propuso una clasificación más sencilla:

- a) Bebidas con sabor a...Aquellas que contienen menos del 6% v/v equivalente en sólidos totales, jugos, pulpas, concentrados de frutas o sus extractos, y las bebidas que se elaboran exclusivamente con esencias naturales o artificiales y otros compuestos químicos permitidos que confieran el sabor, olor y color específicos que caracterizan al producto final.
- b) Bebidas con...Aquellas que contienen de 6% a menos de 95% v/v equivalente en sólidos totales, jugos, pulpas, concentrados, productos deshidratados de frutas o sus extractos, adicionados o no de esencias naturales o artificiales y compuestos químicos permitidos que confieren sabor, olor y color característico del producto final.
- c) Jugo.... Se obtiene por la expresión de frutos sanos y maduros de la variedad correspondiente. Puede elaborarse de concentrados de frutas reconstituídos con agua a un contenido de sólidos solubles no menor al que tal jugo tiene antes de su concentración. Contiene como mínimo 95% de jugo.

Ahora bien, esta tesis contempla, además de las opciones ya definidas, las bases de preparación para bebidas, es decir, polvos, jarabes y concentrados que consideren en su formulación fruta.

En el Reglamento de la Ley de Salud, en el mismo capítulo dedicado a las bebidas no alcohólicas, Artículo 787, se define a los productos para preparar bebidas refrescantes como “los elaborados con mezcla de azúcar, saborizantes naturales, artificiales o idénticos a los naturales y aditivos autorizados por la Secretaría, con o sin fruta o jugo de frutas deshidratadas, y que requieren de adición previa de agua potable o purificada para su consumo”.

No existe ninguna norma ya sea de carácter nacional o internacional que regule a las bebidas refrescantes deshidratadas. En 1996, Robles publicó una propuesta para un anteproyecto de norma, basado en un estudio para las principales marcas productoras de este tipo de bebidas en México. Este anteproyecto clasifica este producto en dos tipos con un sólo grado de calidad:

a)Tipo 1. Los elaborados con fruta, jugos de frutas o suero de leche.

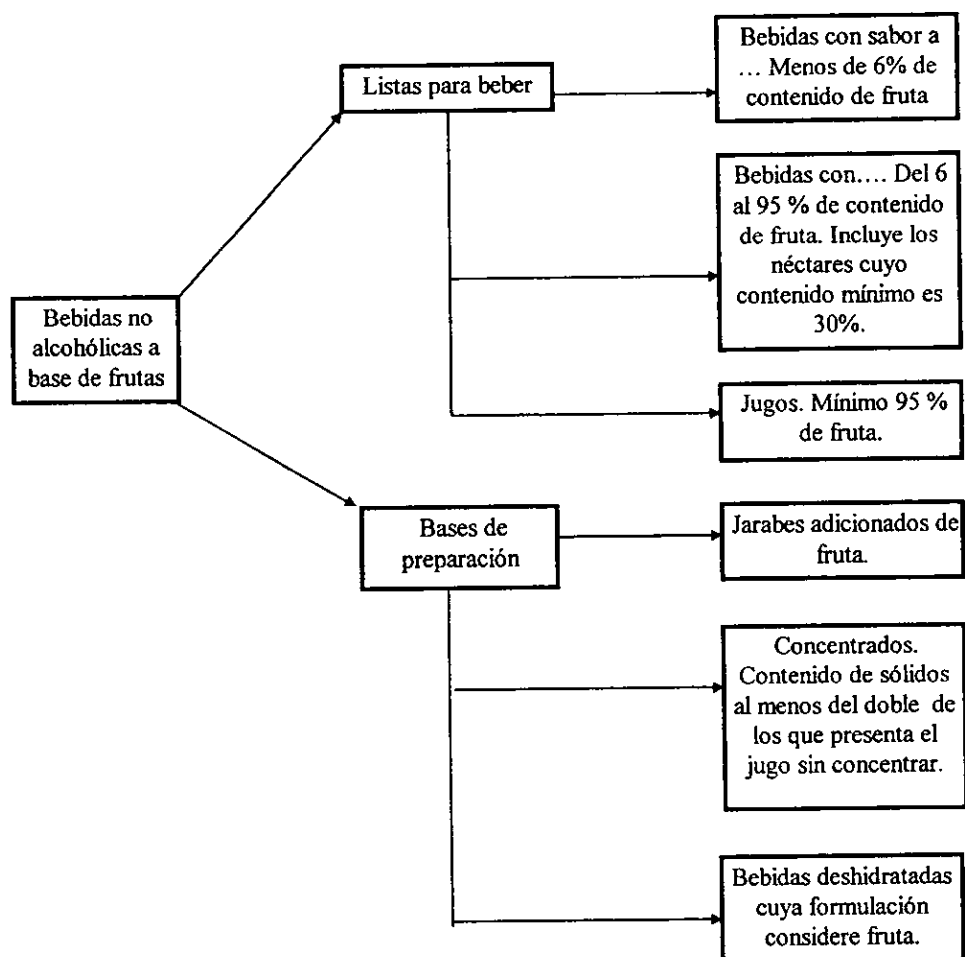
b)Tipo 2. Los elaborados con saborizantes naturales o artificiales.

En el Reglamento de Salud, se especifican dos denominaciones para jarabes: Con la denominación de “Jarabe sabor imitación a...” se entiende el producto elaborado con agua potable y una concentración elevada de azúcares que puede o no llevar en jugo o pulpa de fruta, en cuyo caso debe figurar el porcentaje (Art. 804). Con la denominación de “jarabe con jugo o pulpa de...” o “jarabe de jugo o pulpa de...”, se entiende el producto que contiene una cantidad tal de jugo o pulpa de la fruta, que al agregarse el agua necesaria para preparar la bebida final, ésta contenga la cantidad de jugo o pulpa de fruta que se señala en la norma correspondiente, figurando también el porcentaje. (Art. 805). En el caso de los jarabes tampoco existe una norma oficial vigente.

Tanto la clasificación oficial existente, como las propuestas que se han hecho, pueden y deben ser mejoradas y actualizadas. Se presentaron estas opciones con el fin de que se comprenda lo complejo que resulta definir y clasificar las bebidas no alcohólicas a base de fruta según la legislación mexicana y para fundamentar el concepto de los productos terminados a base de fruta. Para efectos del presente trabajo, el campo de estudio abarcará tanto las bebidas de fruta listas para beber como los productos para su preparación, considerando como bebidas listas para beber, la clasificación propuesta por Vega (1994), tomando en cuenta para los néctares la especificación de porcentaje mínimo de fruta de acuerdo con el Suplemento del Codex Alimentarius (1989); y como bebidas que

requieren preparación, los jarabes que contengan fruta, denominados según el artículo 805 del Reglamento de Salud, el tipo I de las bebidas refrescantes deshidratadas definido en el anteproyecto de Robles (1996), y los concentrados, considerando que por concentrado se entiende tanto el jugo de fruta concentrado y conservado por medios físicos definido por el suplemento del Codex, como las preparaciones de éstos con aditivos, según lo establece el Reglamento de Salud (Art. 716, 719 y 688) (Figura 1)

Figura 1. Clasificación de Bebidas no Alcohólicas a Base de Frutas



Situación General a nivel Internacional

El mercado de bebidas no alcohólicas presenta perspectivas muy interesantes a nivel mundial. Si bien, las colas y bebidas carbonatadas con saborizantes artificiales constituyen los segmentos más competitivos y que generan el mayor porcentaje de ganancias, los productos elaborados a partir de frutas ocupan un lugar muy importante en el gusto del consumidor. En los últimos años esto se ha acentuado debido a una tendencia generalizada a buscar productos relacionados con la naturaleza. La gente identifica a un néctar o a cualquier bebida que contenga fruta como un producto “más natural”, como sinónimo de salud. Esto es, por un lado, una moda dentro del mercado de los alimentos, pero por otro es también muy cierto que los productos en los que se aprovechan las características naturales de las frutas, presentan un perfil de calidad original y apreciado. La búsqueda de posibles mezclas de frutas y de nuevas alternativas exóticas y agradables, son factores que interesan a quienes pretenden mantener el liderazgo, buscando la innovación continua. Así, por ejemplo, el uso y la imagen del Kiwi, han sido explotados en los últimos años para el lanzamiento de nuevos productos y la extensión de línea de otros tantos. Esta situación ha sido aprovechada por países en desarrollo como Brasil y Filipinas que suelen contar con este tipo de recursos cuya exportación redundará en una importante fuente de divisas. EUA, Canadá, Japón, Alemania y otros 21 países absorben cerca del 95 % del comercio mundial de importaciones de este mercado, que ya para 1985 se cifraba, considerando únicamente el consumo de jugo de frutas, en 7000 millones de litros, 30 litros por habitante (Córdoba y López, 1986). Las perspectivas indican que se trata de un mercado con posibilidades continuas de crecimiento e innovación.

Para América Latina, el mercado de bebidas que contienen fruta genera oportunidades de participación muy importantes, gracias a las condiciones geográficas que la caracterizan y que favorecen el cultivo de diversas variedades y especies, muchas de gran demanda internacional. En Argentina, el sector de jugos concentrados ha crecido continuamente

durante la última década, gracias a las exportaciones y a un aumento del consumo interno, principalmente hablando de productos cítricos. En Colombia, se ha observado una gran diversificación en la oferta de bebidas, de modo que se observan diferentes presentaciones y una amplia gama de jugos de frutas, nunca antes procesados en el país. Brasil es el mayor productor y exportador del mundo de jugo de naranja, el cual poco a poco es más apreciado por los propios brasileños, de modo que el jugo de naranja listo para consumo creció un 33% durante 1995, representando el 18% del mercado de bebidas refrescantes (Industria Alimenticia, 1996). Dentro de las bebidas sin alcohol, el mayor crecimiento en Brasil se registra para el sector de jugos listos para beber (en todas sus presentaciones) con un 128% y los isotónicos que están creciendo en forma sorprendente, llegando a 290% para 1995. En Chile, en términos generales, la industria de concentrados de jugos ha tenido un importante crecimiento en los últimos años, con la ventaja de la gran variedad de frutas de que puede disponer.

En Costa Rica, los jugos de frutas son uno de los productos que figuran dentro de los que presentaron mayor dinamismo en las exportaciones de enero a octubre de 1995. Y México, cuya situación se examinará más a fondo, es también de los principales proveedores de jugos, néctares y concentrados de frutas para EUA, Canadá y Japón, entre otros. Baste por el momento situarlo dentro del contexto general de América Latina. Los jugos de frutas mexicanos tienen una posición importante en el mercado internacional, situación que se ha reflejado en distintas exposiciones. (Industria Alimenticia, 1996)

Situación General a nivel Nacional

México cuenta con una enorme y rica variedad de frutas. En su mayoría, estas provienen de las zonas subtropicales y tropicales del país. Su consumo en fresco es muy importante, pero también su procesamiento como extractos y concentrados, deshidratados, jugos, néctares y en otros productos de mayor valor agregado.

El sector de bebidas es el sector líder en la industria de las conservas alimenticias en México, con una participación del 32% en toneladas y del 21 % en valor de facturación, presentando con respecto a 1995, un crecimiento del 27% en toneladas y una recuperación del 9% en cuanto a valores, a pesar de los problemas económicos que sortea el país (Cámara Nacional de la Industria de Conservas Alimenticias, 1998).

El grupo más importante dentro de este sector es el de Jugos y Néctares, con el 66% de las toneladas producidas y el 59% del valor de facturación de todo el sector. En cuanto a tonelaje, le sigue el grupo de las Bebidas de Fruta y luego el grupo de Concentrados y Bebidas en Polvo; hablando de valor de facturación, se invierte esta última participación. (Tablas 1 y 2, Cámara Nacional de la Industria de Conservas Alimenticias, 1998).

Tabla 1. Toneladas generadas por el Sector de Bebidas en México (1994-1997)

Tipo de Producto	Participación % 1994	Tons 1994	Tons 1995	Tons 1996	Tons 1997	Participación % 1997
Jugos y néctares	58.8	293,628	352,081	378,005	444,664	66.1
Bebidas de fruta	34.1	170,124	145,915	163,687	184,639	27.5
Conc. y en polvo	7.1	35,579	31,352	39,253	43,206	6.4
Total	100	499,331	529,348	580,945	672,509	100

Para poder comparar los valores generados de 1994 a 1997, la siguiente tabla se expresa en miles de pesos constantes considerando la devaluación de la moneda mediante el deflactor reportado para cada año. Para obtener el valor en pesos corrientes es necesario multiplicar el valor constante por dicho deflactor.

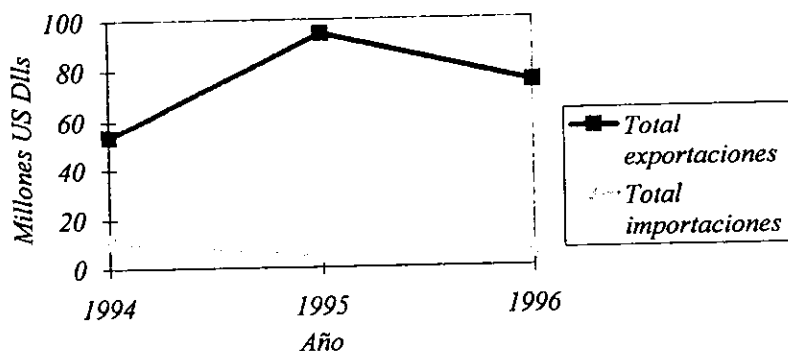
Tabla 2. Valores de Facturación del Sector de Bebidas en México (1994-1997)

Tipo de Producto	% Part. 1994	Miles \$ ctes 1994	Miles \$ ctes 1995	Miles \$ ctes 1996	Miles \$ ctes 1997	% Part. 1997
Jugos y néctares	51.3	914,807	868,155	891,934	994,531	58.9
Bebidas de fruta	17.3	309,331	241,343	237,636	246,128	14.6
Conc. y en polvo	31.4	559,560	445,351	462,530	447,353	26.5
Total	100	1,783,698	1,554,850	1,592,100	1,688,012	100
Deflactor a 1994	—	1.0000	1.3772	1.8155	2.1849	—

El desempeño del grupo de Jugos y Néctares ha sido determinante para el sector, logrando superar para 1997 el valor de facturación registrado en 1994 y presentando además un crecimiento del doble en tonelaje con respecto al mismo lapso de tiempo (Tablas 1 y 2). Bien sea como insumos para la industria o para consumo directo, los jugos y néctares generan oportunidades de exportación y de inversión interesantes, en vista de la riqueza con que cuenta México al respecto, y de la variedad de productos en los que se pueden aprovechar. La balanza comercial presenta un superhábit para este rubro (Figura 2); México es autosuficiente y además presenta una importante actividad de exportación, principalmente hablando de jugo de naranja, el cual representó para 1996 el 59% del volumen total de exportación y el 78% de las ganancias generadas. (Figuras 4 y 5). Hasta junio de 1996, las exportaciones de los diferentes jugos de frutas elaborados por las principales compañías del país totalizaron alrededor de 70 millones de dólares, lo que significó una pérdida del 7% en relación al total obtenido en el mismo lapso de 1995 (Figura 3). Vale la pena destacar que 1995 fue el mejor año dentro de los 10 últimos años

de exportaciones de las empresas del ramo (Industria Alimenticia, 1996). Estados Unidos, Francia, Canadá y Japón, son nuestros principales clientes; sin embargo, Colombia, Venezuela, Chile y otros países que tradicionalmente presentaban una menor participación, representan hoy importantes opciones para el mercado de exportación mexicano (Banco Mexicano de Comercio Exterior, 1998-b) .

Figura 2. Exportaciones vs Importaciones de Jugos de Fruta (1994-96)



Datos obtenidos de: Banco Mexicano de Comercio Exterior, 1998-b

Figura 3. Comparación primer semestre 1990 a 1996. Fuente: Industria Alimenticia 1996

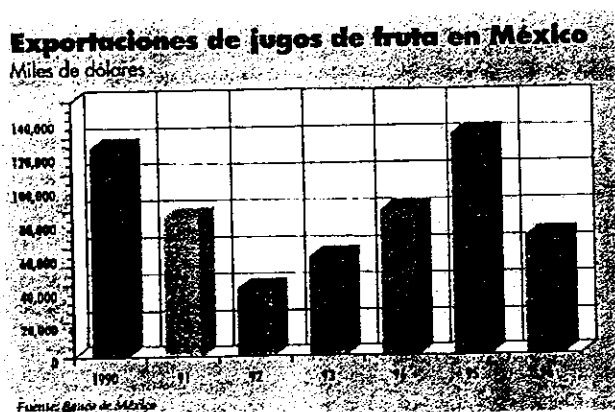
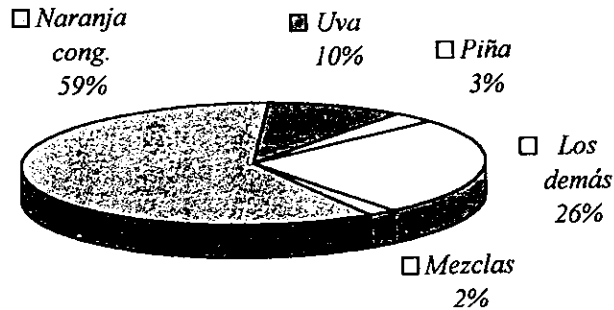
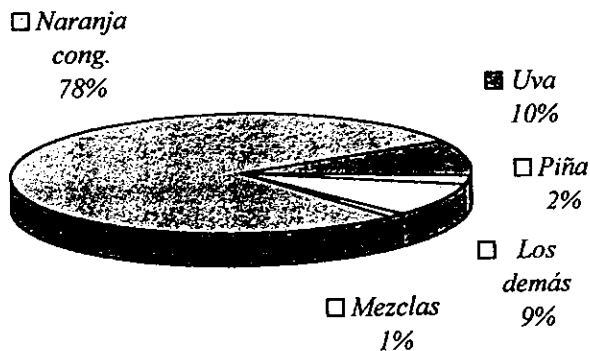


Figura 4. Distribución del Volumen de Exportación de Jugos Mexicanos (1996)



Datos obtenidos de: Banco Mexicano de Comercio Exterior 1998-b

Figura 5. Participación en Exportaciones de Jugos Mexicanos (1996)



Datos obtenidos de: Banco Mexicano de Comercio Exterior, 1998-b.

Desde luego, la situación económica del país ha influido en el desarrollo de este sector. El incremento en los costos de producción, ha sido un factor determinante que afecta a las empresas exportadoras. Las materias primas utilizadas para la elaboración de los envases de jugos de frutas, tuvieron (a raíz de los problemas de 1995) un aumento del 23.3%, ésto provocó un incremento en el precio de los jugos de 33.7% que el consumidor ha tenido que absorber y por lo tanto la demanda interna se ha visto afectada. Para sortear esta disminución de la demanda, las compañías han buscado diversas alternativas. Por ejemplo, Jugos del Valle ha incrementado medidas como el aumento de un 10% en el contenido de los envases de sus jugos, sin alterar los precios y a la vez ha aumentado sus exportaciones. JUMEX lanzó su nueva línea de jugos light con frutas tropicales (Industria Alimenticia, 1996). El desarrollo de bebidas con un cierto porcentaje de jugo o pulpa ha ido ganando terreno debido al bajo costo que presentan este tipo de productos con respecto al que presentan los jugos para consumo directo. El grupo de bebidas de fruta y el de concentrados y bebidas en polvo incrementaron su participación en tonelaje para 1997 en un 13 y un 10% respectivamente a comparación de los valores obtenidos para 1996 (Tablas 1 y 2).

De este modo, muchas empresas han manifestado su interés en diversificarse y presentar diferentes opciones al consumidor, proponiendo además una respuesta razonable a la difícil situación económica por la que atraviesa el país, buscando una mayor participación vía exportación, diversificación y estrategias de mercadotecnia.

Tecnología y Procesos

En esta sección se describen tanto las operaciones generales como los casos particulares en la elaboración de bebidas no alcohólicas a base de frutas y sus bases de preparación. La figura 6 muestra un diagrama de flujo en donde se observan las posibles alternativas y la relación entre los procesos de obtención.

Selección y Recepción.

La fruta destinada a la elaboración de jugos, néctares y concentrados, debe reunir ciertas características de calidad, diferentes a las de la fruta destinada al consumo en fresco. Dentro de los parámetros que en general se evalúan, se encuentran el sabor, color, textura, aroma, cantidad de fruta descompuesta, porcentaje de sólidos solubles, rendimiento, acidez, pH y contenido de vitamina C. La madurez de la fruta define finalmente el rendimiento y características sensoriales del producto, y es la relación $^{\circ}\text{Bx}/\text{Acidez}$ la que determina objetivamente esta característica. En la estandarización del sabor y color del producto final se realiza comúnmente una mezcla de jugos obtenidos de diferentes lotes.

Las condiciones de almacenamiento varían dependiendo de la fruta, aunque en general el tiempo a transcurrir antes de su procesado es muy corto. Existen varios indicadores de la calidad de la fruta durante su almacenamiento. En los cítricos, por ejemplo, la pérdida de vitamina C es un indicador importante.

Antes de ser procesada, se realiza una selección visual, para acabar de separar las piezas que no presenten las características de calidad requeridas, en lo que a tamaño y aspecto se refiere.

Lavado.

Para el lavado dependiendo de la fruta se recomienda utilizar cepillos y/o lavado por aspersión. Normalmente se adicionan en un tanque con agitación y detergentes o soluciones alcalinas (1-2% de sosa cáustica), siguiendo un baño con agua clorada (10-30 ppm de cloro). Luego, la fruta es enjuagada aspergiendo agua potable. Así, se eliminan impurezas, cera y productos químicos que pudieran acompañar a la fruta. (Vega, 1994)

Escaldado.

El escaldado es un tratamiento térmico que busca inactivar enzimas, especialmente aquellas de eficaz actividad oxidativa, como la polifenol oxidasa. El escaldado también colabora a ablandar el tejido facilitando la molienda, a disminuir la carga microbiana y a eliminar aire ocluido que favorece otro tipo de reacciones. Su punto de aplicación depende específicamente de cada fruta y secuencia de proceso. En el caso de la naranja, por ejemplo, el escaldado ayuda a la fácil eliminación de la cáscara de la fruta (Rodríguez, 1988).

Eliminación de Cáscara y Semillas.

Dependiendo nuevamente del tipo de fruta, la cáscara deberá ser removida o no. Para este fin se puede usar una solución de sosa cáustica a cierta temperatura (condiciones variables según el caso). Luego se enjuaga con aspersión, eliminando los restos de piel o cáscara. En otros casos, como en el de la piña, hay máquinas especiales para separar la cáscara, y en algunos otros, cuando no hay otra opción, el pelado se realiza manualmente. La separación de la cáscara y las semillas se puede realizar antes o inmediatamente después de la molienda, según nuevamente, la fruta en cuestión. La eliminación de la cáscara y las semillas influye en la textura, sabor y color del jugo.

Extracción.

La extracción del jugo se efectúa mediante una molienda y luego un prensado. Para la obtención de pulpa se realiza una molienda inicial, seguida de otra más fina para eliminar materiales gruesos. Para la extracción de jugos de frutas pulposas, como el mango, la guayaba o la manzana, con el uso de prensas tradicionalmente se obtiene un rendimiento del 50 al 80% del total de los componentes solubles en forma de jugo, mientras que el resto permanece en el bagazo. Con preparaciones enzimáticas, se licúa el contenido de la fruta completamente y se separa del bagazo mediante centrifugas (Rodríguez, 1988).

Clarificación.

Después de la etapa de extracción, los jugos presentan una turbidez natural debida a la presencia de partículas de pulpa y de sustancias pécticas en estado coloidal que mantienen sólidos en suspensión. En algunos casos, es necesario aplicar la opción de la clarificación, mediante la cual se busca eliminar estos sólidos.

Las pectinas son ácidos pectínicos (unidad estructural: ácido galacturónico) con diferentes grados de esterificación. En los jugos, las partículas en suspensión que quedan después de la extracción son tejido compuesto de fibra celulósica y pectinas. La turbiedad, viscosidad y cuerpo del jugo se deben al sistema coloidal que depende de la concentración y grado de polimerización de la pectina.

Existen varios procesos de clarificación, dentro de los cuales, para la industria de los jugos, destacan la filtración y la clarificación enzimática.

En la clarificación o licuefacción enzimática se aprovechan preparaciones de pectinasas obtenidas generalmente a partir de hongos, para desesterificar y desestabilizar los coloides

en suspensión, provocando su precipitación y por lo tanto, cambios en la viscosidad y clarificación de los jugos.

La filtración es un medio físico de clarificación que se realiza a través de filtros discontinuos de presión y/o continuos de vacío. Los mecanismos involucrados en la remoción de partículas suspendidas en un líquido por filtración son el transporte de las partículas a la superficie del filtro (fenómeno físico) y su adhesión (fenómeno electrocinético). Para partículas más grandes que el tamaño del poro del medio, el fenómeno físico controla la eficiencia de la filtración; para partículas más pequeñas, la controla el fenómeno electrocinético. Para partículas de tamaño intermedio, ambos tipos de mecanismos son importantes.

Para la filtración de jugos de frutas, generalmente se utilizan filtros ayuda tanto en la formación de una precapa sobre el medio filtrante, como manteniendo esta precapa al mezclarlos con el jugo según cierta dosificación; ésto se hace con la finalidad de mejorar la claridad y velocidad de filtración, y aumentar así la duración del ciclo de filtración al incrementar la porosidad (permeabilidad) y disminuir la resistencia de la torta de filtración, disminuyendo al máximo los tiempos de descarga y limpieza.

En la elección de un filtro ayuda, los criterios a evaluar son el área superficial por unidad de peso y un potencial electrocinético positivo en soluciones neutras ya que la mayoría de los sólidos suspendidos están cargados negativamente. El medio filtrante actúa como soporte para la precapa de filtro ayuda en caso de su empleo. Debe ser mecánicamente fuerte, resistente a la acción corrosiva del fluido, y debe ofrecer tan poca resistencia como sea posible al flujo de filtrado, generalmente se utilizan tejidos y papel. Debido a que la mayor parte de las partículas de filtro ayuda son más pequeñas que las aberturas del papel, éstas deben formar la precapa haciendo un puenteo sobre las mismas; la formación del puenteo depende en gran parte del efecto de aglomeración de las partículas del filtro ayuda que tratan de pasar a través de las aberturas del papel o tela, por ello, si un grado de

filtro ayuda proporciona la especificación de claridad deseada, un grado más fino sólo reducirá el flujo.

Estandarización y/o Formulación.

La adición de agua, azúcar, otros ingredientes y aditivos, según el tipo de bebida, se realiza antes de la pasteurización o antes de la carbonatación, realizando una operación de mezclado y estandarización del producto. En el caso de los néctares, cuando la pulpa de una fruta presenta un tamaño de partícula irregular, se requiere estandarizar su tamaño, para evitar sedimentación. Esto se logra por medio de la homogenización, reduciendo y estandarizando el tamaño de partícula, de modo que el gradiente de densidad entre las fases disminuye, logrando la estabilidad deseada.

El agua a utilizar para la elaboración de bebidas, debe cumplir con estrictos estándares, pues de su cumplimiento depende en gran parte la calidad del producto final. Debe estar libre de microorganismos patógenos, de sustancias que puedan afectar la apariencia, gusto y estabilidad del producto y con el pH ajustado.

El azúcar es el edulcorante de mayor uso en la industria de las bebidas en México. Su calidad deriva del proceso de molienda y obtención a partir de la caña de azúcar; cuando se elaboran jarabes de azúcar, si el tipo de bebida lo requiere, el jarabe se somete a un proceso de filtración con carbón activado. Hoy en día se cuenta con varias opciones para endulzar, incluyendo los edulcorantes no calóricos que han abierto las posibilidades del mercado bajo en calorías.

Los aditivos comúnmente usados en la elaboración de bebidas son los saborizantes, colorantes, gomas, acidulantes y conservadores.

Dentro de los saborizantes, la gama disponible es inmensa; la competencia en la industria de los saborizantes y esencias ha permitido el desarrollo de técnicas cada vez más sofisticadas para ofrecer sabores con perfiles prácticamente “idénticos al natural” y técnicas de extracción que ofrecen esencias cada vez más ricas y completas. En cuanto a los colorantes, las posibilidades para experimentar con ellos son muy grandes, pudiendo utilizar colorantes sintéticos o naturales, siendo estos últimos desde luego más costosos y menos estables. La goma xantano es muy utilizada en bebidas en vista de que genera viscosidad a bajas concentraciones, de su estabilidad en un amplio rango de pH, temperatura, y a que actúa independientemente de concentraciones iónicas comunes en estas bebidas. El ácido cítrico es el acidulante de mayor aplicación para bebidas, debido a su alta solubilidad en agua fría y habilidad para desarrollar un perfil de acidez natural relacionado con su propia abundancia en las frutas, además de su bajo costo en comparación con otras opciones. Sin embargo, en algunos casos, el perfil específico de otros ácidos puede encajar mejor en el desarrollo de una bebida, o complementar el perfil que ofrece el ácido cítrico.

Finalmente, los conservadores; debido al pH que normalmente presentan estas bebidas, el benzoato de sodio es el conservador más utilizado, pues su límite de efectividad abarca hasta un pH de 4.5. El sorbato de potasio también se utiliza en algunos casos (límite de pH = 6.5), y en mezclas con el benzoato. Los niveles de uso recomendados en bebidas se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Nivel de Uso de Conservadores Recomendados para Bebidas

Aplicación	Benzoato de Sodio	Sorbato de Potasio
Bebidas carbonatadas	200 a 500 ppm	500 a 1000 ppm
Bebidas de fruta	500 a 1000 ppm	300 a 800 ppm
Jarabes	10 ppm	500 a 1500 ppm

Fuente: Sortwell, 1995

Deaeración.

La eliminación del aire o deaeración se recomienda para los jugos, con el fin de disminuir las posibilidades de desarrollo microbiano y las reacciones de oxidación, que redundarían en pérdida de vitamina C, así como la formación de olores y sabores extraños, y para evitar el incorrecto llenado de los jugos. Esto se logra espreando el jugo en la cámara de vacío de un deaerador.

Tratamiento Térmico, Llenado y Envasado.

El tratamiento térmico determina la estabilidad microbiológica y enzimática en los jugos listos para consumirse y las bebidas con jugo o pulpa. La pasteurización es un tratamiento térmico que se utiliza cuando no se requieren condiciones térmicas drásticas, gracias al pH y características del producto, y en aquellos casos en donde, a pesar del pH, las condiciones de esterilización tradicionales no sean apropiadas por causar una alteración importante en los aspectos sensoriales del producto, acompañándola de procesos posteriores para la conservación, como la refrigeración. En el caso de los jugos y las bebidas que contienen fruta, las condiciones de pasteurización son las idóneas, en vista de que la mayoría presentan pH's inferiores a 4.6 (pH de referencia) y a que su perfil nutritivo y sensorial es muy sensible a la exposición a altas temperaturas. Por las mismas razones, el proceso de alta temperatura /corto tiempo (HTST) tiene amplia aplicación para el mismo caso.

Las condiciones empleadas para la pasteurización varían según la bebida y el equipo disponible. Para los jugos, en general, un tratamiento efectivo de 85°C durante 15 a 30 segundos suele ser suficiente, aumentando en casos con fuerte actividad enzimática a 90-95°C de 10 a 30 segundos (Vega, 1994). El proceso térmico puede ser combinado con diferentes opciones de llenado y envasado.

El término de pasteurización discontinua se aplica cuando se llena el envase y luego se pasteuriza o cuando se procesan lotes en marmitas con chaquetas de vapor y luego se envasa. Para el primer caso, el producto que se obtiene tiene una mayor vida de anaquel pero de menor calidad sensorial, debido a la carga de calor-tiempo que se necesita aplicar para que el calor sea transmitido a través del envase y el producto, requiriendo de un enfriamiento inmediato y lo más eficaz posible. Para el segundo caso, la carga de calor aplicada es menor, reduciéndose en general el perfil a “cocido”, pero se tiene la desventaja de que, si no se suministra la agitación adecuada, se puede causar sobrecalentamiento en porciones de jugo o pulpa que quedan cierto tiempo en contacto directo con la superficie caliente, además de que el producto está en contacto con el aire, lo que trae como consecuencia daños en el color y sabor. El producto ya pasteurizado se llena en recipientes estériles, con lo cual se obtiene un producto con menor vida de anaquel a comparación de la primera opción, y que dependiendo de sus características, puede requerir refrigeración. El llenado debe ser en caliente para eliminar el aire del espacio de cabeza (mínimo a 80°C); después del llenado se debe enfriar a una temperatura entre 37 y 49°C, pasando por un tunel con aspersión de agua fría. También se puede seguir el proceso de envasado aséptico. (Vega, 1994)

En la pasteurización continua o en flujo se procesa el producto, como su nombre lo indica, de manera continua, haciéndolo pasar por intercambiadores de calor, aplicando el calor necesario ya sea de manera directa o de manera indirecta sobre el producto mediante inyección de vapor o por medio de una chaqueta de agua caliente. Actualmente los intercambiadores de placas destinados al procesamiento de jugos poseen una superficie diseñada según las características de flujo de los jugos, ayudando así a un mejor intercambio térmico, asegurando una distribución completa y rápida de calor, y evitando la formación de películas aislantes. Una vez pasteurizado el producto se puede llenar también en recipientes estériles, o puede seguir el proceso de envasado aséptico.

El envasado aséptico combina la esterilización comercial (generalmente mediante HTST), enfriado a temperatura ambiente y llenado en un envase preesterilizado que debe sellarse herméticamente en un ambiente estéril, para lo cual se purga el transporte del pasteurizador a la máquina de llenado con vapor a 100-110 °C durante 30 minutos (Vega,1994). El producto que se obtiene puede ser almacenado a temperatura ambiente por largos períodos de tiempo.

El envasado es ciertamente un paso determinante en la calidad final de la bebida. Debe considerarse un agotado lo más perfecto posible, para no propiciar el desarrollo de microorganismos aerobios. Entre los aspectos más importantes para elegir un envase se pueden mencionar los beneficios económicos, comerciales y la vida de anaquel que éste nos pueda proporcionar. La gama de elección es muy amplia: Vidrio, lata, laminaciones, plástico, etc., cada uno con distintas ventajas y desventajas.

Concentrados y Deshidratados.

Para concentrar jugos, la opción más usada es la evaporación (Rodríguez, 1988). Esta se realiza en un evaporador al vacío a temperatura moderada. La evaporación debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Bajas temperaturas de proceso
- Tiempos cortos de residencia del producto en los aparatos de proceso.
- Condiciones higiénicas de proceso, cercanas a condiciones estériles.
- Eliminación selectiva del agua. La mayoría de los componentes excepto el agua, deben retenerse en el concentrado. Las esencias volátiles que acompañan al agua se condensan y se recuperan en unidades especiales diseñadas para cada clase de jugo.

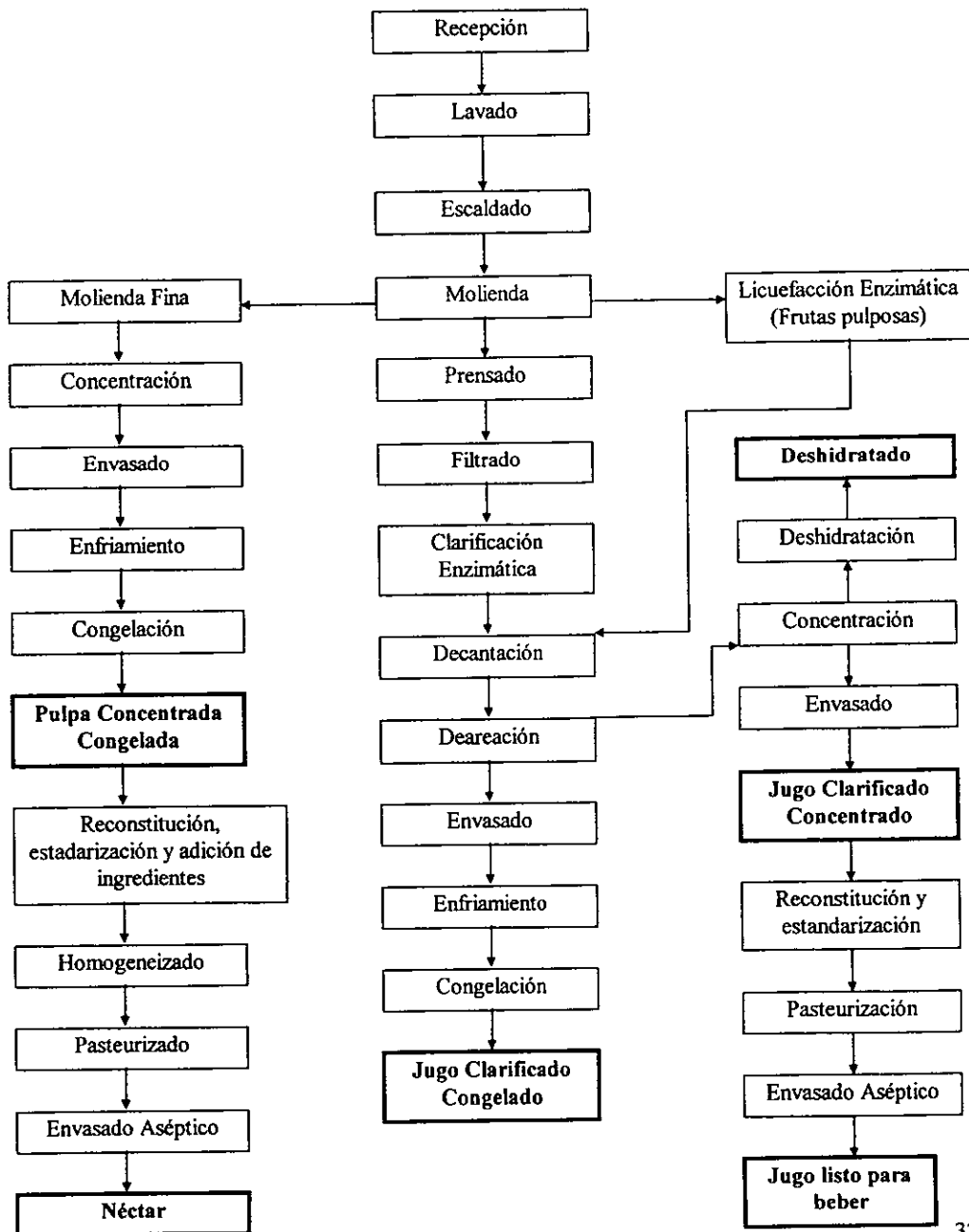
La pulpa se envasa y se preenfria en un rango de temperaturas entre 0 y 5°C. Luego se somete a congelación alrededor de los 20 °C, dependiendo de los °Brix de la pulpa. También se puede conservar jugo que no haya sido sometido a tratamiento térmico con temperaturas de congelación. (Vega, 1994)

En los procesos de concentración, el contenido de sólidos del producto final es de 50 a 60%. A este producto, se puede aplicar el proceso de deshidratación obteniendo porcentajes de humedad inferiores al 10%. La deshidratación se puede lograr por medio de secado por esparcido, en tambores ó liofilización (Rodríguez, 1988).

Bebidas carbonatadas.

Las bebidas carbonatadas, debido a sus efectos refrescantes, han sido apreciadas desde la antigüedad. La industria refresquera tiene una larga y exitosa historia, que actualmente cuenta con un sistema de procesamiento altamente mecanizado y que opera a altas velocidades. La carbonatación se define como la disolución de dióxido de carbono en agua bajo ciertas condiciones de presión y temperatura. El agua absorbe más gas conforme su temperatura disminuye y su presión aumenta. El gas se maneja en las plantas embotelladoras en forma líquida en contenedores presurizados. Los refrescos tienen un rango de carbonatación que va de 1 a 5 volúmenes de gas, que es la cantidad de dióxido de carbono que se disuelve en el mismo volumen de líquido en condiciones estándar a 0°C y a 1 atmósfera de presión (Vega, 1994).

Figura 6. Obtención de Jugos, Néctares, Concentrados y Deshidratados



CONCLUSIÓN DEL CAPITULO

Este es un esquema muy general sobre la tecnología desarrollada en torno a la producción de jugos, néctares, concentrados, deshidratados, bebidas con jugo o pulpa, refrescos y bases de preparación. Sin embargo, es importante recordar que para cada fruta existen operaciones, cuidados y consideraciones específicas, en vista de las características particulares de cada una. Así, aunque hay varios tipos de operaciones unitarias, no todas ellas son recomendables para todos los tipos de fruta. Para algunas puede ser importante un proceso de clarificación, mientras que para otras no. El jugo de los cítricos es muy fácil de obtener, mientras que el del mango y guayaba requieren de un proceso de licuefacción enzimática. En resumen, la tecnología óptima para la obtención de bebidas a base de frutas se establece específicamente para cada una de ellas en función de sus características e investigación desarrollada contando con una gran variedad de opciones y flexibilidad en cuanto a ingredientes, y variantes de proceso (Figura 6)

En el caso de las bebidas no alcohólicas a base de frutas, es necesario generar normas vigentes que guarden congruencia y complementariedad con el Reglamento de la Secretaría de Salud. Actualmente, se encuentra en firmas el nuevo Reglamento con una estructura mucho más simple, en base al cual se renovarían las normas correspondientes, de las cuales urge actualizar especialmente la que establece la clasificación de las bebidas no alcohólicas en base a su contenido de fruta, ya que hoy día se tiene una clasificación incompleta que provoca malinterpretaciones y denominaciones confusas

El mercado a nivel mundial y nacional de este tipo de productos es un mercado competido, con posibilidades de innovación. La diversidad de recursos con que cuenta México para incursionar en este mercado y ampliar dichas posibilidades es un punto que se debe explotar. A pesar de la situación económica que atraviesa el país, el sector de bebidas ha logrado resultados importantes tanto en cuanto a volumen como en cuanto a

valor de facturación. Los jugos y néctares son tradicionalmente el renglón más importante dentro de este sector.

IV MATERIA PRIMA: LA TUNA

Generalidades.

Nopal.

Existen dos proposiciones acerca de las posibles etimologías que dan lugar a la palabra náhuatl *nopalli*, la cual da origen a la nuestra, *nopal*: *no*(chtli), ‘tuna’, y *palli*, cosa plana, o bien *palli*, ‘color’, por alusión a la cochinilla. Otra posibilidad es que *nopalli* provenga de: *no*, ‘nuestra’ y *palli* de ‘bandera’, propuesta relacionada con el símbolo de Tenochtitlán, lugar del nopal del pedregal. El nombre de *cactáceas* ó *cáceas* proviene del latín *cactus*, ‘planta de hojas espinosas’, y éste del griego *káiktos*, con el mismo significado. *Nopal* es el nombre genérico de las *cactáceas* que producen *tunas* (Coen, 1993).

Las *cactáceas* son plantas originarias de América. Los españoles durante la conquista de México, observaron las características del nopal y habiéndoles sorprendido su nobleza lo llevaron a España, de donde se propagó a todas las costas del mediterráneo. De ahí que se halla extendido a otros lugares como Portugal, Italia, Grecia, el norte de África, e inclusive, Australia. Las *cactáceas* son vegetales adaptados para almacenar agua, por lo cual cuentan con gruesas cutículas y se localizan en zonas áridas y semiáridas. Son angiospermas, dicotiledóneas, de tallo suculento, áfilas (sin hojas o con hojas poco desarrolladas o reducidas a espinas), xerófilas (refiriéndose a su adaptación para vivir en ambientes áridos); acumulan la humedad en su parénquima acuífero; adoptan muy diversas formas: prismáticas, casi esféricas, cilíndricas, etc. Una *cactácea* típica es el cacto mexicano, con tallo globoso, grandes surcos meridianos y grandes flores en las costillas. Según Bravo, en América del Norte existen 92 géneros de *cactáceas*, de los cuales 61 están representados en México (Ramírez, 1981). En la época prehispánica, en el antiguo Valle de Anáhuac, las *cactáceas* tenían una consideración especial en lo que a economía se refiere, ya que a partir de ellas se obtenían productos alimenticios y medicinales. También en la vida social y religiosa,

las cactáceas jugaban papeles importantes; el emblema de la gran Tenochtitlán ostentaba con orgullo un nopal. Con la llegada de los españoles, estos vegetales tan especiales y su uso comenzaron a ser objeto de admiración y curiosidad por parte del Viejo Continente. Existen muchas relaciones en las cuales se les describe dentro del inventario de riquezas naturales del Nuevo Mundo. Así, por ejemplo, Francisco Hernández registra el nochtli y sus frutos como alimento de sabor agradable, cuyas hojas cocidas y condimentadas con chile son una excelente vianda fría (Villegas, 1995). Fray Bernardino de Sahagún, en su Historia General de las cosas de la Nueva España, se refiere al nopal y a la tuna de la siguiente manera: “Hay unos árboles en esta tierra que llaman nopalli, quiere decir tuna o árbol que lleva tunas. Es monstruoso este árbol: el tronco se compone de las hojas, ...; las hojas son anchas y gruesas,..... tienen espinas las mismas hojas; la fruta que en estos árboles se hace, se llama tuna y son de buen comer, es fruta preciada; las hojas de este árbol cómenlas crudas o cocidas (Verti, 1995).

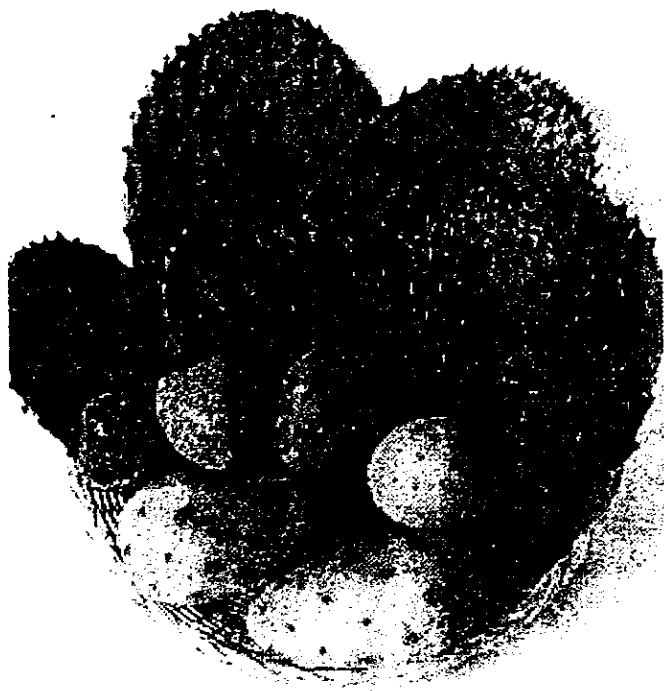
Tuna.

La tuna es el fruto del nopal. En náhuatl, el fruto de la tuna se nombra nochtli, la cáscara se nombra nochenatl y la flor de que proviene, nochtóchitl. Los españoles nombraron a este fruto tuna, que es una palabra del caribe, del arahuaco taíno (Coen, 1993 y Escamilla et. al., 1977). La tuna posee un peso promedio entre 30 y 180 g, dependiendo del grueso de la cáscara. Es una baya globosa-carnosa, de forma ovoide, esférica o de clava, cuyas dimensiones y coloración pueden variar según la especie, llenando desde 4 hasta 12 cm de longitud y desde rojo oscuro hasta amarillo limón. No siempre el color de la cáscara de la tuna es el mismo del de la pulpa; por lo general el de la última resulta menos intenso. Las tunas apastilladas combinan dos colores, el más oscuro de los cuales se encuentra en el tejido adyacente a las semillas. El pericarpio de la fruta está forrado por una cutícula con tubérculos aislados, por los cuales se presentan numerosas espinas. Las semillas se encuentran proporcionalmente repartidas en todo el volumen de la pulpa. Su maduración comienza en los meses de junio y julio, extendiéndose la temporada hasta septiembre, e inclusive octubre, según el caso.

Existen más de 150 especies y variedades, algunas de las cuales, son: Coznochtli, de color amarillo; atlatočnochtli, rojizo; iztacnochtli, blanquecino; tlapalnochtli, color escarlata; tlatočnochtli, de flores amarillo claro; tzaponnochtli, parecido al zapote; zacanochtli, pequeño y silvestre, y xoconnochtli, de sabor ácido, castellanizado en ‘joconostle’, muy usado como condimento. En España, en general, a la tuna se le conoce como higo chumbo (al nopal se le conoce como chumbera o higuera chumba) y en Italia, fico d’India, ‘higo de India’, *Opuntia ficus indica* (Coen, 1993).

La sabiduría popular, quizá sin muchas explicaciones científicas, ha aportado a la medicina y a la gastronomía mucha de su riqueza, y así, ha sabido aprovechar recursos propios de cada región; la tradición no ha cambiado desde entonces. Las tunas blancas, amarillas o rojas, se disfrutaban sin distinción socioeconómica, produciéndose en la región situada a uno u otro lado del límite de demarcación de las zonas cálidas y templadas (Trópico de Cáncer) y los paralelos 21 y 26, cuyo clima es modificado por la altitud de la región (Herrera, 1982). Hablamos en especial de los estados de San Luis Potosí, Hidalgo, Jalisco, Puebla, Zacatecas y Estado de México. En ellos es fácil encontrar localidades donde la tuna se consume en variadas formas de producción artesanal, como el queso de tuna, el colonche, mermeladas, cristalizados, mieles y melcochas. El colonche es una bebida embriagante, muy popular en el norte del país, tradicionalmente fabricado en Zacatecas. Se obtiene fermentando el mosto obtenido a partir del zumo azucarado de la tuna cardona, o tuna roja; se consume sólo o se le agrega al aguamiel para mejorar la calidad del pulque. El mismo mosto, concentrado a fuego, se convierte en una pasta de consistencia correosa llamada melcocha, ó miel cocida. De la melcocha con agregado de azúcar se obtiene una golosina muy apreciada: el “queso de tuna”, quizá llamado así por las formas de su presentación y por su consistencia pastosa. En estos lugares se dice que consumir la tuna con semilla ayuda para ciertos trastornos gastrointestinales; también se dice que el jugo, tomado con regularidad, normaliza la actividad del aparato digestivo y de los riñones, y cura enfermedades biliares (Verti, 1995). En fin, la tuna es una fruta original y agradable, un recurso natural con características “muy mexicanas” (Figura 7)

Figura 7. La tuna, un recurso original y muy "mexicano"



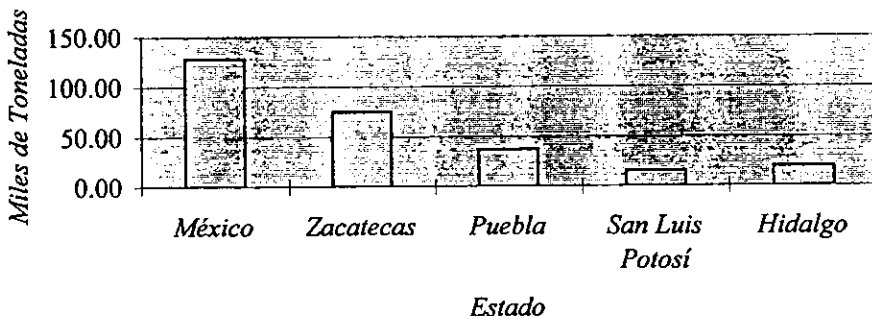
Fuente: Villegas 1995.

Producción y Mercado de Tuna

Antiguamente, la tuna fue un producto de recolección, poco a poco se fue generalizando su cultivo en pequeñas superficies para satisfacer la demanda local. Esta práctica persiste hasta la fecha, y con el tiempo, el cultivo intensivo de la tuna ha tomado auge en ciertas zonas áridas del país.

La producción se concentra primordialmente en dos zonas: La región centro sur, que comprende a los estados de Hidalgo, México y Puebla, y la región centro norte, que se encuentra ubicada en la confluencia de los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Aguascalientes y Guanajuato. En la figura 8 se grafica la producción de los principales estados productores para 1996, liderada por el Edo. de México y Zacatecas, con 128,000 y 75,000 toneladas respectivamente.

Figura 8. Principales estados productores de Tuna en México (1996)

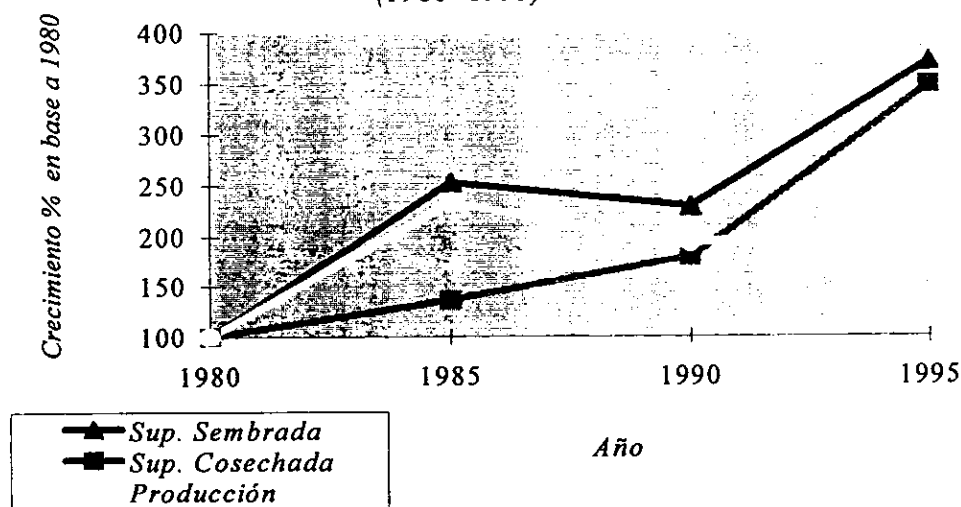


Datos obtenidos de: SAGAR, Anuario 1996

A partir de 1980, la superficie destinada a la siembra y cosecha de la tuna se ha casi cuatriplicado y la producción se ha ido prácticamente al doble, como se puede observar en la figura 9. El importantísimo incremento de población del Distrito Federal, ha sido un factor determinante de este crecimiento; ahora bien, según un estudio de mercado de la SARH de 1992 citado por Ibarra (1994), la demanda por la tuna ha ido en

aumento; el mismo estudio insiste en la posibilidad de ampliar este mercado en la medida en que se logre incrementar la oferta en tiempo y en espacio, y se mejore en precio y presentación.

*Figura 9. Evolución de la Producción de Tuna en México
(1980 -1995)*

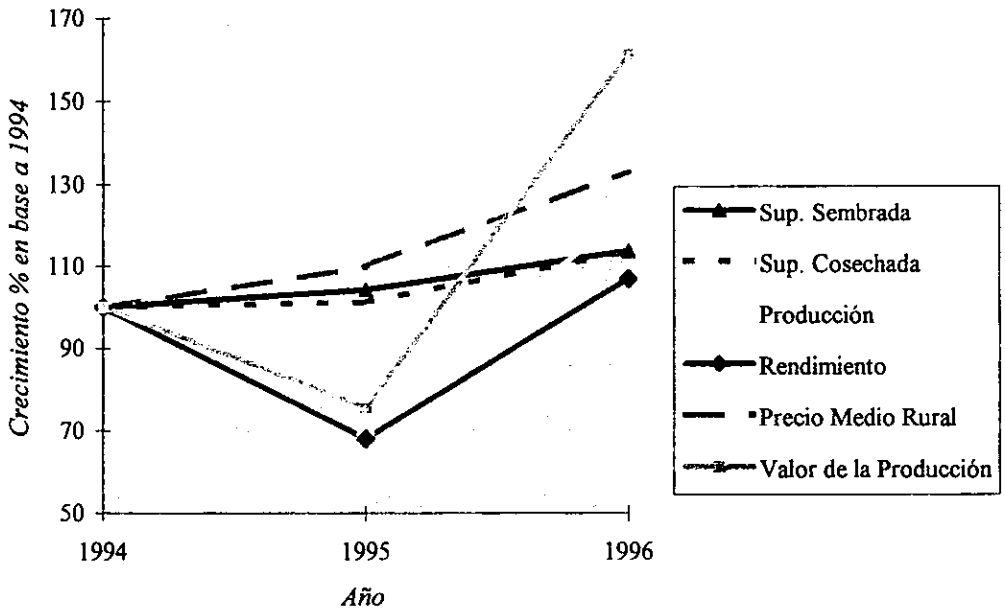


Datos obtenidos de: SARH, Anuario 1980, 1985, 1990; SAGAR, Anuario 1995.

En la figura 10 se aprecia la evolución más reciente en la producción de tuna. En el período mostrado, 1994-1996, el porcentaje de superficie sembrada y cosechada se ha mantenido prácticamente constante, sin embargo, para la producción, y desde luego para el rendimiento, se observa una disminución importante en 1995, que se recuperó en el siguiente año. La producción de tuna por hectárea varía de acuerdo a múltiples factores como la edad, calidad de la tierra, labores culturales, pero especialmente depende de si se presentan o no lluvias de consideración durante los meses de enero a abril, que son los meses en que se define la producción del fruto. El rendimiento a nivel regional presenta variaciones importantes asociadas con las condiciones climatológicas y la intensidad de manejo del cultivo. Sin embargo, en todas las regiones

productoras se observa una gran inestabilidad en el rendimiento, causada principalmente por el fenómeno de alternancia, ya que el nopal tunero descansa una temporada durante la cual baja considerablemente la producción de tuna, y en cambio se aprovecha la de nopal para verdura (Ibarra, 1994).

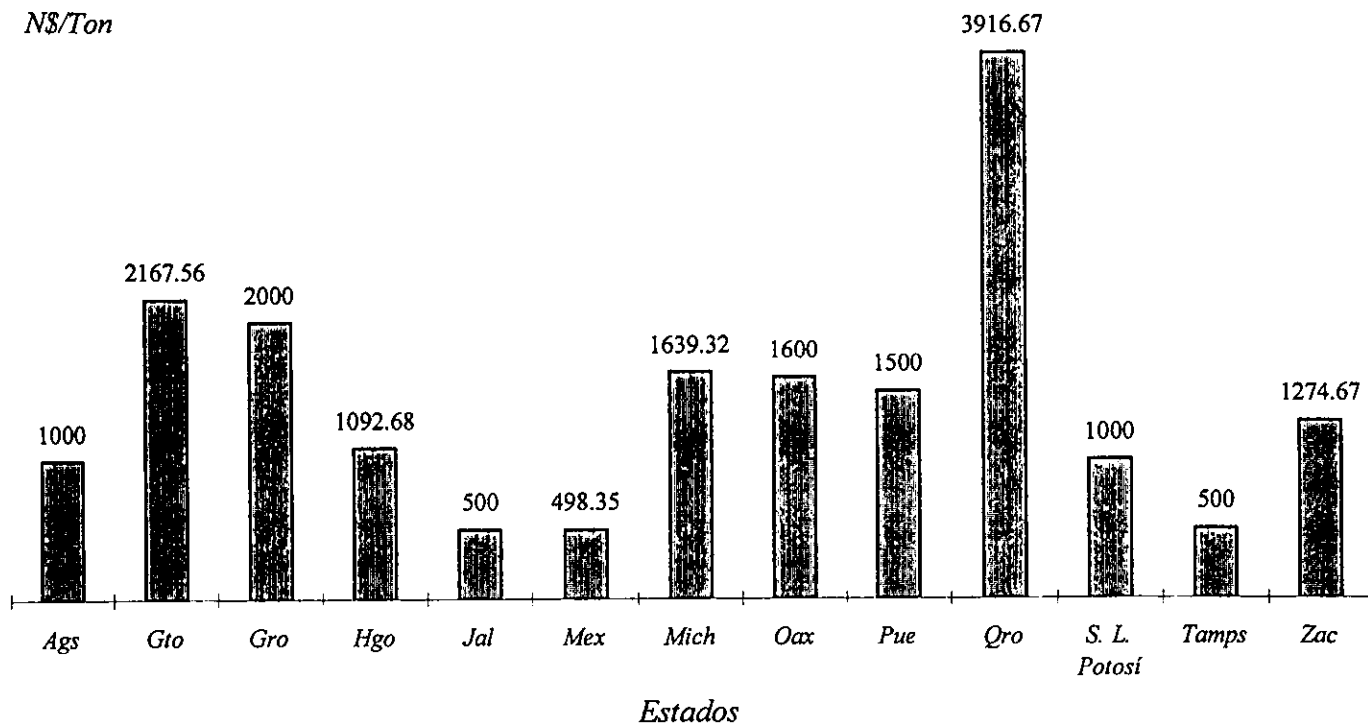
Figura 10. Evolución de la Producción de Tuna en México. (1994-1996)



Datos obtenidos de: SAGAR, Anuarios 1994, 1995 y 1996.

El valor de la producción, además de verse afectado por la producción resultante en el año, depende también del precio de la tuna. Hay grandes diferencias de precio según los diferentes estados, fluctuando para 1996 desde un mínimo de N\$498.35/Ton para el Estado de México hasta un máximo de 3916.67 N\$/Ton para Querétaro, resultando un promedio nacional de 909.29 N\$/Ton, un precio muy accesible en comparación con el que presentan otras frutas destinadas a la producción de jugos y néctares (Figura 11).

*Figura 11. Variación del precio de la Tuna en la República Mexicana.
Datos obtenidos de: SAGAR Anuario 1996.*



El precio a nivel nacional ha aumentado paulatinamente, con un crecimiento de aproximadamente un 33 % en estos tres años (Figura 10).

Los principales mercados de la tuna son la ciudad de México y su zona conurbada, Guadalajara y Monterrey. Según el estudio de mercado elaborado por la SARH en 1992 (Ibarra, 1994), en el Mercado Internacional se vislumbran excelentes perspectivas, específicamente en Los Angeles y San Francisco, en California, Estados Unidos, debido al porcentaje de población de origen latino, y en algunas ciudades de Japón y Canadá, debido a la corriente naturista en el ámbito alimenticio. Algunos autores reportan que en los últimos años, ha habido interés por parte de estos países (Candelario, 1993; Ibarra, 1994; Colín, 1998). Sin embargo, Colín (1998) comenta que el volumen de exportación no sobrepasa el 1% del volumen actual de producción. En el directorio de Bancomext (1998-a) se encuentran registradas tres empresas exportadoras de tuna. Desafortunadamente no se cuenta con estadísticas, debido a que la tuna no posee fracción arancelaria propia, sino genérica, es decir, compartida con otras frutas.

En el país existen tres beneficiadoras de tuna, localizadas en San Luis Potosí, Zacatecas e Hidalgo. La finalidad de estas plantas es ofrecer y competir con un producto de alta calidad, capaz de penetrar en el mercado de exportación. La Planta de Zacatecas exporta su producción desde hace 18 años. Estas asociaciones han impreso etiquetas con datos generales de la planta y del sector de producción, con la finalidad de que el consumidor sepa dónde y quiénes producen el producto que consume, mejorando ampliamente su presentación. También han solicitado ante las instituciones gubernamentales difusión en radio y T.V., sobretudo durante la época de mayor disponibilidad de la fruta. Por el momento, las beneficiadoras no han industrializado la tuna debido a la falta de tecnología, asesoría técnica y financiamiento, entre otros aspectos, lo cual permitiría un avance en el desarrollo productivo e integral del cultivo (Ibarra, 1994), avance urgente en vista de que se calcula que más del 50% de la producción nacional de tuna se encuentra subutilizada, pues, o se pierde, o se consume a nivel rural sin generar ganancias (Colín, 1998).

Fisiología y clasificación botánica

A) El Nopal.

El nopal es una planta carnosa que en estado adulto alcanza hasta cinco metros de altura, con características fisiológicas necesarias para subsistir en un medio árido o semiárido, con una capacidad sorprendente de adaptación.

El nopal tiene raíces de forma pivotante que protegen la capa fértil contra la erosión (Ibarra, 1994). El tallo es grueso, erecto y ramificado. Además de las funciones propias del tallo, tiene parte de la función propia de las hojas de los vegetales (asimilación de clorofila, respiración y transpiración). Es el principal órgano de almacenamiento; adquiere formas voluminosas, gracias a lo cual hay menos superficie expuesta para que se lleve a cabo la evaporación, la cual además se ve disminuida por cubiertas cerosas. Del tallo se desprenden las pencas del nopal, ramas aplanadas (cladodios o pencas). En su parte central tienen el parénquima, tejido formado por células grandes y turgentes con diversos polisacáridos. Este tejido es el responsable de la forma succulenta de las cactáceas y se piensa que interviene en el rápido almacenamiento de grandes cantidades de agua. (Cabrera, 1995). Las pencas están dotadas de espinas, que son la defensa del nopal y que protegen a la planta de la acción directa de los rayos solares, al reflejarlos. En los renuevos de pencas tiernas, se presentan pequeñas hojas cilíndricas, en cuyas orillas se encuentran las areólas. Las flores se producen en las areólas en la parte superior de la penca. Cada areóla produce al menos una flor, aunque no en la misma época, con pétalos de colores vivos (amarillo, rojo, anaranjado), durante Marzo, Abril y Mayo (Figura 12).

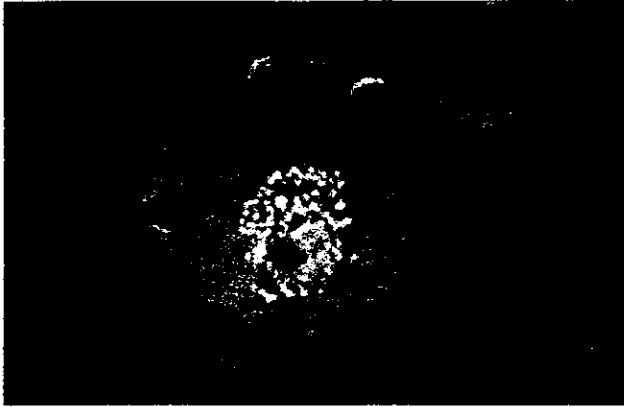
El nopal se puede reproducir vía asexual, plantando pencas y sus fracciones, y vía sexual, plantando las semillas. La producción sexual se recomienda para mejoramiento genético, pues es bastante prolongada. Los nopales tuneros cultivados comercialmente generalmente

se propagan por la vía asexual, conservando sus características. La mejor época para la plantación es antes de la época de lluvias, para evitar que la planta se pudra y para que las raíces aprovechen las lluvias (Ibarra, 1994).

El nopal se adapta a diversas texturas y composiciones de suelos, aunque los prefiere calcáreos y arenosos, con pH alcalino. Su desarrollo requiere de temperaturas anuales preferentemente entre 18 y 25 °C; aunque es una planta que resiste la sequía, también prospera en zonas de precipitaciones moderadas (Ibarra 1994) (Figura 13).

En nuestro país, al nopal tunero se le dan principalmente tres usos: Para la obtención de fruta (tuna), para la obtención de verdura (nopalitos) y para la obtención de forraje (pencas); sin embargo, el nopal tiene un gran potencial por explotar. Por ejemplo, existen recomendaciones para usarlo masivamente en las ciudades para abatir la contaminación, pues el nopal, por su tipo de fisiología, absorbe el CO₂ por la noche en grandes cantidades (Ibarra, 1994). En algunas comunidades indígenas, la goma del nopal se usa como lubricante, para fabricar adhesivos, como medicamento, e impermeabilizante (Cabrera, 1995). Los japoneses han mostrado un especial interés en el nopal, procesándolo en salmuera, glaseado y té. También elaboran pastillas para la obesidad y el estreñimiento, utilizando hojas desecadas de nopal, por su alto contenido en fibra y calcio. (Ibarra, 1994).

Figura 12. Flor del Nopal



Fuente: Villegas, 1995

Figura 13. El Nopal



Fuente: Villegas, 1995

La taxonomía del nopal es la siguiente:

Tabla 4. Clasificación taxonómica del Nopal

Reino	Vegetal
Sub-reino	Embryophyta
División	Angiosperma
Clase	Dicotiledóneas
Orden	Opuntiales
Familia	Cactáceas
Tribu	Opuntias
Género	Opuntia
Subgénero	Platyopuntia

Fuente: Cabrera, 1995; Ramírez, 1981.

Existen discrepancias con respecto a la clasificación de los subgéneros derivados de Opuntia, dependiendo del sistema a considerar. Algunos autores reportan tres subgéneros, de los cuales, los dos representados en México son el Cylindropuntia y el Platyopuntia. Otros mencionan estos dos subgéneros como los únicos considerados dentro de la clasificación taxonómica, sistema seguido por Britton y Ross (Ramírez, 1981). En ambos sistemas, Platyopuntia es el que da lugar a los nopales tuneros. En 1958, se consideraba la existencia de 5 subgéneros dentro del género Opuntia, que a su vez se dividen en series. El subgénero Opuntia, que es el que correspondería a los nopales tuneros, contiene 22 series con 377 especies, de las cuales en México hay 60 especies cultivadas y 104 silvestres (Castañeda, 1986).

B) La Tuna

La tuna es una baya unicelular carnosa. Sus dimensiones y coloración varían con la especie. En la tabla 5, se registra, entre otros datos, el peso del fruto de 12 distintas variedades, cubriendo un intervalo entre 67 y 216 g.

La pulpa es un pseudo parénquima formado por los folículos alargados de las semillas que contienen azúcares y otros componentes. No existe diferenciación entre epicarpio, mesocarpio y endocarpio. La parte carnosa de la cáscara es mucilagínosa, también de constitución celular parenquematosa. El pericarpio de la tuna está provisto de pequeños tubérculos aislados repartidos proporcionalmente, los cuales por lo general tienen numerosas espinas (Castañeda, 1986; Villarreal, et.al., 1964)

Tabla 5. Características Generales de la Principales Variedades Comerciales de Tuna en México. Fuente: Candelario, 1993.

Variedad	Peso Total del Fruto (g)	Peso (g) Total de Semillas	% del Peso Total	Peso Promedio Semillas (mg)	Número Total Semillas	Grosor Cáscara (cm)
Reyna	140	4,85	3,46	17	288	0.4
Cristalina	216	5,6	2,59	16	357	0.5
Esmeralda	136	4,9	3,6	16	304	0.3
Burrona	169	7,52	4,44	24	315	0.4
Chapeada	133	5,05	3,79	17	296	0.5
Fafayuco	145	4,4	3,03	18	249	0.7
Naranjona	135	5	3,67	21	235	0.5
Centenario	112	3,97	3,54	16	243	0.4
Amarilla	159	4,2	2,64	19	227	0.5
Roja pelona	184	5,6	3,04	20	279	0.5
Charola	67	2,79	4,16	14	201	0.4
Cardona	83	2,96	3,56	17	177	0.5

Las semillas se encuentran proporcionalmente repartidas en todo el volumen de la pulpa. Cada semilla con sus funículos forma una unidad globular, las cuales estrechamente unidas entre sí, forman la globosidad de la pulpa. La envoltura de las semillas es parda amarillenta o café oscuro brillante o mate, siendo su constitución de tal dureza, que casi no son masticables ni digeribles. El número, forma y tamaño de las semillas varía según la especie en cuestión. Como se puede observar con los valores citados por Candelario en la tabla 5, el peso promedio de las semillas varía desde 14 mg para la variedad Charola, hasta 24 para la variedad Burrón. Así mismo, el número mínimo de semillas se reporta para la variedad Cardona (177), y el máximo para la variedad Cristalina (357), aunque el porcentaje en peso de las semillas con respecto al total del fruto, resulta mucho mejor para la Cristalina (2.59 %) que para la Cardona (3.56 %). De hecho, la variedad Cristalina es la que presenta el menor porcentaje en peso de semillas de las 12 variedades reportadas.

La tuna tarda en madurar aproximadamente 6 meses; ésto se reconoce por un cambio de color. Para cortar el fruto, se toma por la parte media inferior, se le da un giro mayor a 90° y se inclina para separarlo del nopal, pues la tuna está asentada sin péndulo en las pencas y un corte inadecuado puede causar heridas en la base de la tuna. La recolección debe realizarse antes de la época de lluvias, pues si la fruta ya está madura y no se ha cosechado para entonces, al día siguiente de haber llovido, con la alta radiación, se provoca la dilatación de la tuna, la cual se cuarteas. Aproximadamente un 10 % del total de la producción de tuna se desecha por problemas de calidad como cuarteaduras, tamaño chico y alteraciones físicas. (Ibarra, 1994)

La cantidad de tuna producida por cada penca es variable, siendo normal encontrar de una a diez tunas por raqueta. Cuando las condiciones de humedad y fertilidad del suelo son óptimas, se puede encontrar más de treinta tunas por penca. El nopal tunero inicia su producción a partir del tercer año y ésta se incrementa proporcionalmente hasta el quinto o sexto año, en el cual se estabiliza su rendimiento. A partir del quinto año, se pueden obtener nopalitos tiernos sin afectar el desarrollo de la planta. El nopal tunero, al igual

que la mayoría de los frutales, sufre el fenómeno de alternancia: Un año se obtiene una excelente producción de tuna, mientras que al año siguiente la producción es baja. Durante esta temporada se genera un mayor brote de nopalitas. (Ibarra, 1994).

Los productores rurales han obtenido variedades mejoradas de tuna, seleccionando las plantas que producen frutos de mejor calidad y que toleran mejor los factores limitantes propios del medio, como heladas, vientos y sequía. Los nombres con los que se conocen las tunas hacen alusión a alguna característica específica de la fruta, como el color de la pulpa y cáscara, o el origen geográfico. En la tabla 6, se registran las características de las principales 12 variedades comerciales en México. Se reporta que los nopales reconocidos por sus frutos son *O. amyclaea* (Tunas blancas), *O. megacantha* (Amarilla) y *O. streptacantha* (Roja). Y para la producción de verdura, *O. ficus indica* y *O. undulata* (Ramírez, 1981). La identificación de las especies es muy compleja, pues debido a su gran polimorfismo, existe confusión en su clasificación taxonómica; además, la clasificación de este género se ha basado principalmente en características vegetativas y no en diferencias citológicas, florales y reproductivas (Escamilla et. al., 1977). Por estas razones, en ocasiones a una misma especie le corresponden varios nombres científicos y viceversa. Sin embargo, esta diversidad, lejos de ser vista como un problema, debe ser vista como una gran ventaja a explotar, con la que sólo se cuenta en nuestro país.

O amyclaea es el nombre científico del nopal que produce tunas blancas, las de mayor importancia en México. Principalmente se producen dos tipos de frutos, una variedad redonda y otra alargada (Ramírez, 1981), *O amyclaea tenore* y *O amyclaea alfajayucan*. Normalmente no se distingue esta diferencia, confundiendo las variedades, de modo que hemos de suponer que los datos para tuna blanca se refieren a ambas, comúnmente conocidas como Reyna y Cristalina. (Figura 14). La calidad de la tuna blanca Reyna o Alfajayucan es reconocida por su reducido número de semillas (3.46 %, ver tabla 5), pulpa dulce y jugosa (tabla 6) y cáscara delgada (0.4 cm, ver tabla 5). Este último detalle la hace más susceptible a daños por frío que otras especies y demanda cuidados especiales

postcosecha, pero cuenta en cambio con un importante rango de adaptación y estabilidad. La tuna Reyna o Alfajayucan tiene el 36 % de la producción de tuna en México (Candelario, 1993; Candelario y Pérez, 1994).

En la zona productora del centro norte (confluencia de los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Aguascalientes y Guanajuato), también es común encontrar en los mercados, tunas de formas no comerciales, obtenidas de huertos de traspatio, las cuales, además de ser apreciadas localmente, representan una fuente de germoplasma factible de explotación para ofrecer una mayor variedad al consumidor. En el extranjero, se ha mostrado interés por las tunas amarillo-anaranjadas y rojas, debido a su vistoso y atractivo colorido (Candelario, 1993) (Figura 15).

En base a la preferencia por la tuna Reyna, el período de cosecha más importante es breve, empezando a fines de junio y llegando al máximo durante julio y agosto. En 1991, un grupo de trabajo israelita publicó los resultados de un estudio sobre la producción de tuna fuera de temporada. Desarrollaron un cultivo en invierno para cosechar en primavera, en lugar de sembrar en primavera para cosechar en verano. El estudio consideró el uso de fertilizantes especiales y la alternancia de cortos períodos en los que se interrumpía la irrigación. Se compararon las características de este cultivo con uno que se cosechó en verano y prácticamente no se encontraron diferencias entre uno y otro, en cuanto a sólidos solubles totales, proporción cáscara-fruta y peso (Nerd, et. al. 1991). También Candelario (1993) menciona que se puede utilizar la fertilización orgánica y química para adelantar ligeramente la cosecha y ampliar la temporada. En México, debido al capital y condiciones existentes, el aprovechamiento de los nopales abarca el verano y parte del otoño, con excepción de algunas especies tempranas y tardías.

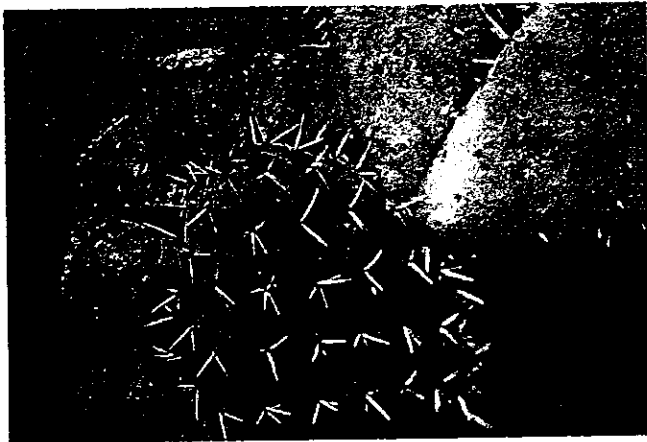
Tabla 6. Principales Variedades Comerciales de Tuna en México . Fuente: Candelario, 1993; Cabrera, 1995

Variedad	Color de la cáscara	Color de la pulpa	Forma	Consistencia de la pulpa	Epoca de cosecha
Reyna	Verde-amarilla	Blanca	Periforme aplanada	Jugosa	Jul- Agosto
Cristalina	Verde-amarilla	Blanca	Periforme pedunculada	Jugosa	Ago-Sep
Esmeralda	Verde-amarilla	Blanca	Periforme aplanada	Jugosa	Ago-Sep
Burrona	Verde-amarilla	Blanca	Periforme aplanada	Jugosa	Agosto
Chapeada	Rosa-amarilla	Blanca	Periforme aplanada	Jugosa	Jul-Agosto
Fafayuco	Amarillo-café	Blanca	Periforme aplanada	Jugosa	Sep- Oct
Naranjona	Anaranjada	Anaranjada	Periforme aplanada	Jugosa	Agosto
Centenario	Anaranjada	Anaranjada	Abovada	Jugosa	Agosto
Amarilla	Amarillo-anaranjada	Anaranjada	Periforme aplanada	Jugosa	Agosto
Roja pelona	Verde-roja	Roja	Periforme aplanada	Semisólida	Agosto
Charola	Púrpura	Púrpura	Abovada	Semisólida	Sep-Nov
Cardona	Púrpura	Púrpura	Esferoidal aplanada	Semisólida	Jul- Sep

Figura 14. Tuna Blanca. Fuente: Villegas 1995.



Figura 15. Tuna Roja. Fuente: Villegas, 1995.



Grados de calidad

La NMX-FF-030-1995-SCFI especifica los grados de calidad de la tuna destinada para consumo en fresco, estableciendo tres grados de calidad y cada grado en cuatro tipos comerciales de acuerdo a su color. Las especificaciones generales que marca independientemente del grado de calidad, son:

- a) Estar enteras
- b) De consistencia firme
- c) Estar sanas, excluyendo todo producto afectado por pudrición o que este deteriorado de manera que no sea apto para consumo.
- d) Estar limpias, exentas de materia extraña visible
- e) Estar exentas de daños causados por plagas o enfermedades.
- f) Estar exentas de humedad exterior anormal
- g) Estar exenta de cualquier color y/o sabor extraño
- h) Presentar un desarrollo y grado de madurez suficiente que permita el transporte, manejo y llegada a su destino en condiciones satisfactorias. (Mínimo 12 % de sólidos solubles).
- i) Etiquetado con la identificación del producto, del productor y del país de origen.

Las especificaciones indicadas para cada grado se especifican en la tabla 7.

Esta norma es reciente. Concuerda parcialmente con la legislación del Codex para la tuna. En algunos lugares, los estándares de calidad que se habían venido manejando son aún más exigentes que los solicitados por la norma mexicana, especialmente en lo que a tamaño y peso se refiere, considerando además la forma de distribución de la tuna, lo cual se menciona en dicha norma sin mayores detalles. (Tabla 8)

Tabla 7. Grados de Calidad. Tuna para consumo en fresco

Característica del Grado	Extra	Primera	Segunda
Tipo	Blanca, Amarilla, Anaranjada y Roja.	Blanca, Amarilla, Anaranjada y Roja.	Blanca, Amarilla, Anaranjada y Roja.
Defectos	Ninguno, salvo muy leves y superficiales. Menores del 4% de la superficie total	Leves en forma y color, y leves en cáscara (rozaduras, quemaduras, manchas, etc) Menores al 4 % de la sup. Total.	Defectos de forma y color siempre que mantenga las características comunes de las tunas. Defectos de cáscara (rozaduras, quemaduras, manchas, etc) que no excedan el 8% de la sup. total. Los defectos no deben afectar en ningún caso a la pulpa de la fruta.
Tolerancia en número o peso	5 % que satisfagan las especificaciones de primera.	10 % que satisfagan las especificaciones de segunda.	10%, excluyendo totalmente frutas afectadas por pudrición o cualquier otro deterioro que no permita su consumo.
Tamaño diámetro (cm)	Mínimo 4.1	Mínimo 4.1	Mínimo 3.5
Peso (g)	Mínimo 90	Mínimo 90	Mínimo 90

Datos e información obtenidos de: NMX-FF-030-1995-SCFI

Tabla 8. Empacado de la Tuna según Grado de Calidad. Municipio de San Salvador, Hidalgo. Datos obtenidos de: Ibarra, 1994.

Grado	Forma de empaque
Primera	Pescado, en rejas de madera con un peso de 28 a 30 kg.
Segunda	Parada, en rejas de madera con un peso de 30 a 32 kg.
Tercera	Granel, en rejas de madera con un peso de 32 a 36 kg.
Papel	Granel, en rejas de madera

Todas estas clasificaciones en grados de calidad y especificaciones se elaboraron pensando en los requisitos que debe cumplir la tuna para su consumo en fresco. No existe ninguna clasificación oficial que especifique los grados de calidad y requisitos que debería cumplir la tuna para procesarse, debido a que prácticamente no existe la explotación industrial de esta fruta. García (1992) en su propuesta para la producción de jugo de tuna, desarrolló su propia clasificación, la cual concuerda con los requisitos generales que presenta la actual norma mexicana para tuna destinada a consumo en fresco. Sin embargo, los grados de calidad se asignan con diámetros mayores:

Tabla 9. Clasificación de la Tuna considerada para su industrialización. Datos obtenidos de: García, 1992.

Grados de Calidad	Diámetro en cm	Características
Primera	5.5 o más	Homogenea en forma y grado de madurez
Segunda	4.8 a 5.5	Fruta madura sin magulladuras ni deformaciones
Tercera	4 a 4.7	Fruta con magulladuras, pero sin afectar la pulpa

García eligió para procesar fruta de segunda calidad, descartando por completo la de tercera por considerar que dificultaría la operación de pelado y se obtendría un menor rendimiento y eficiencia del proceso. Bajo la misma lógica, según la clasificación oficial, el tamaño especificado especialmente para la fruta de segunda no conviene para procesar, pues el rendimiento con un peso mínimo de 90 g y un diámetro de 3.5 cm supuestamente sería muy bajo. Ahora bien, el proyecto de García se basó en suposiciones teóricas, por lo que para concluir sería necesario evaluar el rendimiento con los mínimos propuestos por la norma oficial. Por otro lado, ambas especificaciones descartan con sus valores a la tuna cardona, la cual se ha utilizado en muchos desarrollos por su colorido, pero que cuenta con un peso y un diámetro promedio más bajo que cualquiera de los mínimos requeridos (Tabla 5).

Aclarando este punto, cualquiera de los grados de calidad oficiales sería factible de utilizar en la industria de las bebidas, pues las disposiciones generales y particulares para cada grado en ningún caso permiten el deterioro de la pulpa y consideran un grado de madurez suficiente para la utilización de la fruta como materia prima. El grado de calidad de segunda resulta más que suficiente, garantizando un menor costo, y el aprovechamiento de fruta que normalmente no se comercializa con facilidad.

Rendimientos.

El rendimiento de la parte comestible, semillas y cáscara en la tuna varía según la especie. Se han establecido como valores representativos un 40 a 50 % de cáscara, un 40 a 50 % de pulpa y de un 5 a 10 % de semilla (Ramírez, 1981). La siguiente tabla se construyó en base a información citada por Candelario (1993):

Tabla 10. Rendimientos de las principales variedades comerciales de Tuna

Variedad	Peso total del fruto (g)	% Semilla	% Cáscara	% Porción comestible
Reyna	140	3,46	34.54	62
Cristalina	216	2,59	43.41	54
Esmeralda	136	3,60	33.4	63
Burrona	169	4,44	33.56	62
Chapeada	133	3,79	45.21	51
Fafayuco	145	3,03	48.97	48
Naranjona	135	3,67	36.33	60
Centenario	112	3,54	32.46	64
Amarilla	159	2,64	39.36	58
Roja pelona	184	3,04	35.96	61
Charola	67	4,16	39.84	56
Cardona	83	3,56	50.44	46

Datos obtenidos de: Candelario, 1993.

La tuna Cardona, que ha sido la elegida para la mayoría de los desarrollos de bebidas, es la que presenta el menor porcentaje de porción comestible y el mayor de cáscara. Según

Abarca (1971), el rendimiento en peso del jugo sin filtrar de tuna cardona con respecto al peso de la tuna es aproximadamente del 32.5 %. Considerando 1.1 kg por litro como la densidad del jugo de tuna, Abarca obtuvo un rendimiento de 29.5% en litros. Joubert (1993), reportó, para *O. ficus indica*, un rendimiento para el jugo sin filtrar del 44 al 54% con respecto al peso del fruto. Con la densidad utilizada por Abarca, esto sería aproximadamente 44.5 % en litros, un mucho mejor rendimiento. Sin embargo, los trabajos que han utilizado tuna cardona consideran que obtuvieron buenos rendimientos para trabajar a nivel industrial. En la tabla 11 se registran valores reportados en algunos de éstos, observándose cierta variación la cual se puede explicar en función de las condiciones y el período de la cosecha. Durante la mejor etapa, se logra el mínimo de semillas y cáscara, y el mejor porcentaje para la porción comestible. Ahora bien, aún con su mejor porcentaje, la porción comestible que se puede obtener de la tuna Cardona es bastante inferior al de la tuna Reyna. La porción comestible representa a la pulpa sin extraer o el jugo sin filtrar, restando las semillas. Dependiendo del producto a desarrollar, es importante especificar qué tan “jugosa” es esa porción comestible, pues por ejemplo, la tuna cardona, y en general las tunas rojas, son semisólidas, mientras que las tunas blancas se caracterizan precisamente por ser muy jugosas (Tabla 6), de manera que aunque se reporte un buen porcentaje de porción comestible, el rendimiento para la extracción de jugo filtrado supuestamente debe ser menor para las tunas rojas que para las tunas blancas.

Tabla 11. Diferentes Rendimientos Reportados para la Tuna Cardona

Fuente de datos	% Semilla	% Cáscara	% Porción comestible
Abarca, 1971	5.10	62.40	32.50
Bejarano, 1973	3.50	46.50	50.00
Orta, 1977	2.72	50.00	47.28
Carrera, 1986	7.71	44.00	48.20

Análisis Fisicoquímico y Análisis Nutritivo

Como para cualquier otra fruta, la composición de la tuna depende de la variedad, el clima, riqueza del suelo, el período de cosecha y el grado de madurez. Existe escasa información sobre la composición química y características sensoriales de las distintas variedades de tunas cultivadas en México. Hay algunas evaluaciones comparativas para distintas especies, pero en general se encuentran trabajos aislados para cada tipo de tuna, de modo que se tienen datos de diferentes estudios realizados principalmente para la Tuna Reyna, la Tuna Cardona y la Tuna de Castilla.

Barbera y colaboradores, publicaron en 1992 el seguimiento a los cambios morfológicos, físicos y químicos de tres cultivos de *O. ficus indica* (Tuna de Castilla) durante su maduración. El mayor cambio se observó a los 50 días después de la floración. Durante este período se registraron cambios consistentes en la actividad bioquímica: El contenido total de azúcar y el de sólidos solubles totales se incrementaron de manera aguda mientras la firmeza de la fruta y el total de acidez titulable disminuyeron. Las frutas alcanzaron su estado óptimo de madurez cuando la concentración de los sólidos solubles totales alcanzó el valor de 13°Bx; en este punto se registró el cambio de color en la piel. A los 90 días después de la floración, las frutas se volvieron suaves y la piel se encontró completamente coloreada. Este tiempo de maduración contrasta con el de 6 meses que reporta Ibarra (1994) para la variedad Alfajayucan (*O. amyclaea*), en base a la experiencia de los productores del Estado de Hidalgo. En 1979, Moreno y colaboradores, en un estudio sobre el comportamiento respiratorio precosecha de *O. amyclaea tenore*, encontraron también un período principal de desarrollo a partir de los 70 días de generarse el fruto, concluyendo que en esta etapa, el principal sustrato lo constituyen los ácidos orgánicos.

Lakshminarayana y Estrella publicaron en 1978 un trabajo sobre el comportamiento respiratorio postcosecha de la tuna *O. robusta Mill.*, conducido a 20 °C y una Humedad Relativa de 60-65%, sin observar climaterio alguno para la tuna, concluyendo en base al

coeficiente respiratorio que el sustrato en esta etapa lo constituyen tanto los ácidos como los azúcares. Escamilla y colaboradores (1977) monitorearon la vida de anaquel de la tuna con madurez comercial y madurez incipiente a diferentes temperaturas; las tunas que se cortaron con madurez incipiente no maduraron posteriormente a ninguna temperatura, de donde se dedujo que la tuna es un fruto no climatérico.

La tabla 12 ilustra la influencia del tipo de tuna en su composición. El porcentaje de humedad, reductores totales y el pH son parámetros generalmente constantes. Los demás parámetros varían en mayor o menor escala. Esta tabla únicamente proporciona una idea general sobre las diferencias entre variedades, ya que la metodología utilizada en cada caso no siempre fue la misma, según el análisis, además de que la apreciación de madurez puede variar, encontrando diferencias importantes con otros estudios semejantes.

Tabla 12. *Parámetros Fisicoquímicos para diferentes variedades de Tuna.*

Porción comestible en Base Húmeda. Datos obtenidos de: (1) Escamilla et.al., 1977; (2) Sawaya et. al. 1983-b; (3) Askar y El-Samahy, 1981.

Análisis	(1) Cardona	(2) Castilla	(3) Egipcia spp.
% Humedad	86.6	85.8	85.1
% Proteínas	0.722	0.21	0.8
% Extracto etéreo	0.172	0.12	0.7
% Fibra cruda	0.223	0.02	0.1
% Pectina	0.0515	0.19	—
% Reductores dir.	10.420	12.8	—
% Reductores totales	11.970	12.8	—
%Cenizas	0.260	0.44	0.4
PH	5.35	5.75	5.8
% Acidez titulable	0.052	0.18	—
°Bx	15.5	14.2	13.2

Sólidos Solubles.

Los sólidos solubles en la fruta madura fluctúan entre los 10 y los 15 °Brix. Pelayo y Siade (1975) reportaron como valor mínimo 9.89 °Brix para un registro sobre tuna blanca *Opuntia spp.*, durante una temporada completa. En la tabla 13 se enlista la concentración de sólidos solubles en °Brix promedio para el estado óptimo de madurez de las principales variedades comerciales. Mientras que la tuna Burrón presenta 13.2 °Brix como el valor más bajo, la Fafayuco alcanza el máximo con 16 °Brix. Las variedades Reyna y Cristalina, que son las de mayor difusión, presentan también valores altos (15 y 15.4 °Brix) en comparación con las demás variedades, con excepción de la tuna cardona y la tuna roja pelona, que tienen valores de 15.5 y 15.1 respectivamente; esta es una de las principales razones por la que gozan de la preferencia de los consumidores. Adicionalmente, la tuna cardona, ha sido objeto de la mayoría de los desarrollos de bebidas, por ofrecer un alto porcentaje de sólidos solubles totales.

Tabla 13. Sólidos solubles promedio en °Brix para las principales variedades comerciales de Tuna

Variedad	°Brix
Reyna	15.0
Cristalina	15.4
Esmeralda	14.8
Burrón	13.2
Chapeada	14.2
Fafayuco	15.9
Naranjón	14.6
Centenario	14.7
Amarilla	14.1
Roja pelón	15.1
Charola	14.9
Cardón	15.5

Fuente: Candelario, 1993.

Azúcares.

Los principales azúcares en la tuna son, como en la mayoría de los vegetales, la glucosa y la fructosa (Sawaya et. al., 1983-b, Askar y El-Samahy 1981, Ramírez 1981). Para *O. ficus indica*, Sawaya y colaboradores reportaron una proporción aproximada de 60:40, respectivamente. Askar y El-Samahy no especificaron la variedad ni la proporción, pero encontraron como azúcar predominante a la glucosa. Ramírez (1981) también encontró que la glucosa y la fructosa son los principales azúcares en la tuna cardona, con una concentración de 6.03 y de 5.68 g/100ml de jugo respectivamente. La proporción relativa entre ambos y su contenido total difiere según la especie, grado de madurez, y de manera importante, según el tejido que se considere; Kuti y Galloway (1994) encontraron para tunas rojas, púrpuras y amarillas que el contenido de sacarosa en la cáscara puede variar de 2.21 a 6.57, en pulpa de 0.24 a 1.45 y en el jugo de 0.04 a 0.19 mg/g.

Kuti y Galloway (1994), determinaron también la actividad de invertasas resultando más importante para las tunas rojas, variedad *O. hyptiacantha* y menos importante para las púrpuras, *O. lindheimeri*. En la tuna, los porcentajes para reductores totales y reductores directos son muy semejantes (aproximadamente 12%), predominando la forma libre de los monosacáridos.

Existen tunas cuya pulpa es más firme y se conocen como 'masudas', esta característica no influye en su sabor, ni se observa un cambio perceptible en el contenido de azúcar. No se localizó información al respecto, aunque es de suponerse una diferente actividad enzimática sobre los polisacáridos estructurales.

Acidos Orgánicos y pH.

Dentro de los ácidos orgánicos de la tuna se encuentran el cítrico y málico siendo el principal el ácido cítrico, por lo cual, los resultados de acidez titulable se expresan en base al miliequivalente correspondiente a este ácido (Askar y El-Samahy, 1981).

El pH de la tuna se mueve en un intervalo entre 5.2 y 6 dependiendo de la variedad, como lo demuestran trabajos comparativos entre distintas especies (Villarreal et. al. 1964, Pelayo y Siade, 1979). Es importante recalcar que se trata de una acidez total baja y un pH bastante alto en comparación con el que presentan la mayoría de las frutas y sus derivados, lo que trae consecuencias muy importantes en la planeación del procesamiento de bebidas a partir de ella, su perecibilidad, y su perfil sensorial.

Otros componentes.

La tuna posee vitamina C. Este parámetro depende considerablemente de la variedad, encontrándose el mayor valor reportado para la Tuna Cardona, con 45.43 mg/100ml de jugo (Villarreal et.al., 1964). La tabla 14 proporciona una visión general de estas diferencias, ya que está construida con resultados obtenidos de diferentes fuentes.

Tabla 14. Contenido de Vitamina C para diferentes variedades

<i>Variedad</i>	<i>mg de Vitamina C/ 100 ml de Jugo</i>
<i><u>O. streptacantha</u></i>	(1) 45.43
<i><u>Fafayuca</u></i>	(1) 32.21
<i><u>O. megacantha</u></i>	(1) 13.5
<i><u>O. ficus indica</u></i>	(2) 22.10

Datos obtenidos de: (1)Villarreal, et. al., 1964, (2)Sawaya et. al., 1983-b

Las variedades con cierta coloración amarilla, poseen trazas de vitamina A. Los diferentes colores que presentan las variedades de tunas, han suscitado estudios con el fin de determinar su naturaleza y posible aplicación. Los pigmentos que se encuentran en el jugo de Tuna Cardona, consisten principalmente en betacianinas y betaxantinas; ambos pigmentos constituyen el total de materia colorante, correspondiendo el 96% a betacianinas y 4 % a betaxantinas (Herrera, 1982).

La pulpa de la tuna es rica en Potasio; su contenido de Calcio, Magnesio y Fósforo es considerable con respecto al de otras frutas, en cambio, es muy pobre en cuanto a su contenido de Sodio y Hierro. (Villarreal et.al., 1964, Sawaya et. al. 1983-b; Askar y El-Samahy, 1981).

En cuanto a proteínas, la tuna no es una fuente importante. Rzedowski cita 0.56% para *O.streptacantha*, variedad cardona (Pelayo y Siade, 1979). La concentración de serina, glutamina, prolina, arginina e histidina es relativamente alta, contando además con metionina. (Askar y El-Samahy, 1981).

En general, en las tablas nutrimentales, no se especifica la variedad analizada, sino un promedio general, o el de la tuna Reyna, que es la más conocida y por tanto la de mayor consumo (Tabla 15)

El contenido energético de la tuna es más bajo que el de otras frutas disponibles en la misma temporada, como se puede observar en la tabla 15. Su contenido energético puede ser un aspecto importante a considerar para quienes cuidan el aporte calórico de su dieta (Candelario, 1993). Sin embargo, no es un contenido despreciable, pues en los lugares donde se produce la tuna cardona, por ejemplo, constituye el principal alimento de las gentes del campo, gracias a su alto contenido de azúcares (Orta, 1977).

Tabla 15. Tabla comparativa de la composición de la porción comestible de la tuna y otras frutas. Fuentes: Nutrición(1987), INCO(1988) y U. de Guadalajara(1990). Citadas en Candelario, 1993.

Porción comestible 100 g	Jugo de Naranja	Manzana	Durazno	Tuna
% Energía (kcal)	50	65	46	38
% Proteínas (g)	1.0	0.3	0.9	0.3
Lisina mg/100 mg proteína	5.28	4.00	3.68	4.00
Isoleucina mg/100 mg prot.	2.88	5.30	1.60	4.00
Treonina mg/100 mg prot.	1.50	3.10	3.36	4.82
Valina mg/100 mg prot.	3.84	3.70	4.96	3.74
Leucina mg/100 mg prot.	2.72	5.20	3.52	5.22
Triptofano mg/100 mg prot.	0.70	0.00	0.46	0.82
Metionina mg/100 mg prot.	1.50	1.70	3.84	0.74
Fenilalanina mg/100 mg prot	3.68	3.30	2.24	5.39
% Triglicéridos (g)	0.7	0.5	0.1	0.1
% Carbohidratos (g)	11.2	16.5	11.7	10.1
% Fibra (g)	0.8	2.0	-	2.4
% Calcio (mg)	46	7	16	63
% Fósforo (mg)	15	6	27	38
% Hierro (mg)	2.5	0.8	2.13	0.8
% Magnesio	-	-	-	14
% Tiamina (mg)	0.11	0.02	0.02	0.01
% Riboflavina (mg)	0.03	0.01	0.04	0.02
% Niacina (mg)	0.04	0.02	0.06	0.03
% Acido ascórbico (mg)	51	11	19	31
% Retinol (mg)	0	3	22	4

Microbiología

Las principales enfermedades que aquejan al nopal tunero, asociadas con el crecimiento microbiano, son las siguientes:

Tabla 16. Principales enfermedades del nopal tunero

Enfermedad	Causante	Descripción
Mancha Bacteriana	Bacterium sp.	Manchas de color café a negro. Consistencia blanda y olor desagradable.
Manchas y deshidratación	Alternaria sp.	Manchas cloróticas con el centro y márgenes más oscuras, seguidas de secamiento rugoso.
Antracnosis	Colletotricum sp.	Manchas circulares de color café. En ocasiones estas manchas se presentan también en el fruto.
Pudrición de la epidermis	Hongo del género Phoma	Pudrición en pencas y frutos en los que se observan manchas hundidas y oscuras que se agrandan y forman ampollas que expelen esporas.

Datos obtenidos de: Ibarra, 1994.

De estas enfermedades, especialmente las dos últimas afectan directamente al fruto durante su desarrollo precosecha. Por otro lado, las principales alteraciones que afectan a la tuna durante su conservación postcosecha se tienen claramente descritas, pero no siempre identificadas con su agente causal. Algunas se deben simplemente al curso normal de muerte del tejido.

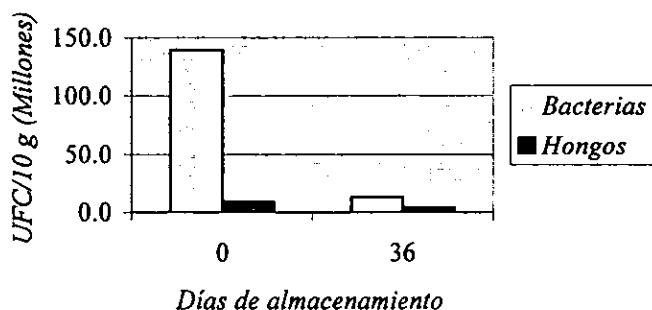
Tabla 17. Principales alteraciones de la Tuna durante su conservación postcosecha

Alteración o defecto
Manchas blancas
Manchas pardas
Manchas negras con ablandamiento en cáscara y en interior
Deshidratación en las áreas cercanas a la cicatriz del tallo
Puntos cafés
Deshidratación del fruto
Pérdida de consistencia

Datos obtenidos de: Pelayo y Siade, 1975; Alvarado 1978, Escamilla et.al., 1977 y Cruz, 1982.

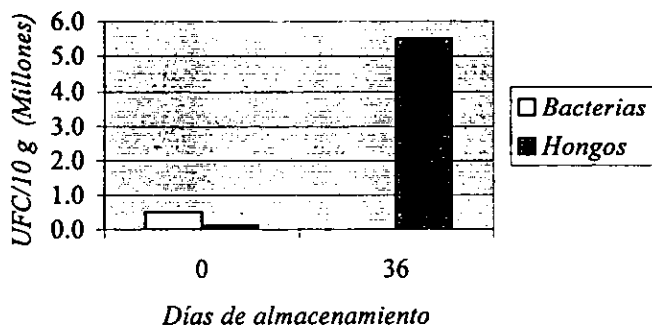
Alvarado (1978) dentro de su trabajo, pretendió relacionar los microorganismos responsables de las principales alteraciones observadas durante la vida postcosecha de las tunas. Primero realizó pruebas que le permitieron establecer una relación entre la carga microbiana inicial y el desarrollo que se puede esperar en un cierto período de tiempo. De este modo, presentó datos que dan una idea general de la flora microbiana propia de la tuna y su desarrollo. Al inicio, la carga microbiana se concentra en la cáscara, predominando las bacterias; en la pulpa las cuentas son muy bajas. Después de 36 días, la pulpa presenta un deterioro importante debido a la actividad de los hongos que desbancaron por completo a las bacterias. (Figuras 16 y 17)

Figura 16. Carga Microbiana en Cáscara de Tuna



Datos obtenidos de: Alvarado, 1978

Figura 17. Carga Microbiana en Pulpa de Tuna

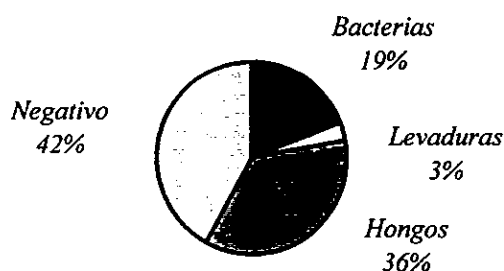


Datos obtenidos de: Alvarado, 1978.

Alvarado, aisló directamente de las zonas dañadas 131 cepas, las cuales inoculó en tunas sanas, con el fin de comprobar qué tipo de microorganismo es en realidad el causante de las alteraciones. Encontró un 58% de correlación de las cepas aisladas con las

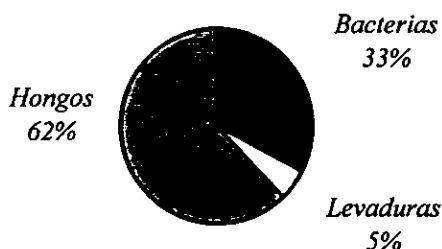
correspondientes afecciones de las tunas almacenadas 36 días. De este porcentaje positivo, un 62% se identificó con hongos, un 33% con bacterias y un 5% con levaduras (Figuras 18 y 19). Se observó que Penicillium sp. se encuentra presente en todas las alteraciones.

Figura 18. Flora microbiana responsable de las alteraciones de la Tuna. Porcentajes en base al total de cepas inoculadas



Datos obtenidos de: Alvarado, 1978

Figura 19. Flora microbiana responsable de las alteraciones de la Tuna. Porcentajes en base al total de cepas positivas



Datos obtenidos de: Alvarado, 1978

Es muy probable que de las 131 cepas aisladas por Alvarado, muchas fueran las mismas, manifestándose de diferentes formas o en distintas etapas, lo cual explicaría los porcentajes de correlación obtenidos. Sin embargo, estos resultados dejan clara, como era de esperarse, la importancia de los hongos en el deterioro de la fruta, antes y después de su cosecha. Se sabe, por ejemplo, que O. amyklaea tenore es especialmente susceptible a Alternaria spp (Candelario, 1994). En 1989, Fourie encontró deterioro por Alternaria spp., Fusarium spp. y Cladosporium spp. para tunas almacenadas a 10°C y 90-95 % HR En 1990, Chessa y Schirra confirmaron deterioro en tuna debido a Alternaria spp., Penicillium italicum y P. digitatum durante almacenamiento en refrigeración (Joubert, 1993).

Aspecto Sensorial

Los atributos sensoriales importantes en la calidad de la tuna se relacionan con los parámetros fisicoquímicos y grado de madurez. Kuti (1992) monitoreó el desarrollo de cuatro diferentes especies de tunas comprobando que aunque existen diferencias de una especie a otra, en general todas las tunas presentan el mismo patrón de cambio durante su desarrollo, aumentando la concentración de sólidos solubles y el contenido de ácido ascórbico, mientras disminuye el nivel de acidez titulable.

El sabor de la tuna, como para todas las frutas, depende también de los diferentes compuestos volátiles que se generan como resultado de su metabolismo. Se tienen identificados 61 diferentes compuestos volátiles para la tuna, variedad *O. ficus indica*. Cuantitativamente hablando, la clase de compuestos más importante son los alcoholes, encontrándose también en bajas concentraciones numeros ésteres y compuestos carbonílicos, y un muy bajo contenido de terpenos. Muchos de los compuestos volátiles encontrados en la tuna se han determinado previamente en otras frutas y definitivamente no se pueden considerar únicos de la tuna. Sin embargo, se localizó un grupo de alcoholes y aldehídos de nueve carbonos poco común y que guarda semejanzas con compuestos determinados en el melón y el pepino, frutas con las que la tuna comparte notas muy parecidas en su perfil sensorial (Flath y Takahashi, 1978).

Cesare y Nani (1992) determinaron también por cromatografía de gases y espectrometría de masas los componentes volátiles del jugo de *O. ficus var. Fructa sanguineo*, identificando 55 compuestos, en donde los aldehídos y alcoholes representan la mayoría, predominando el 2-hexenal (E) y el 1-hexanol con 29.84 y 16.38% respectivamente, encontrando ésteres y lactonas en bajas concentraciones.

Seis son los compuestos que principalmente se monitorean como volátiles representativos de la tuna. Estos compuestos son los siguientes:

- 1.- 1- pentanol
- 2.- (E)-2-hexenal
- 3.- 1-hexanol
- 4.- (E, Z)-2,6-nonadienal
- 5.- (Z)-2-nonenal
- 6.- gamma-dodecalactona

Estos estudios han contribuido especialmente en evaluaciones de vida de anaquel de la tuna bajo distintas condiciones (Cesare, Testoni y Sansovini, 1993). Dos de estos compuestos son aldehídos de nueve carbonos, relacionados con el grupo de alcoholes de nueve carbonos del estudio de Flath y Takahashi (1978).

No se tienen estudios con enfoque sensorial en torno a la tuna, trabajos que colaborarían enormemente al aprovechamiento de las variedades con que contamos, sus diversas características y sus ventajas y desventajas para los distintos desarrollos. Estudios basados en métodos afectivos y descriptivos marcarían el mercado a explotar para la exportación y para la industrialización de esta fruta.

La mayoría de los estudios de desarrollos a base de tuna han elegido como materia prima a la variedad cardona, debido a la atracción de su colorido. Sin embargo, la tuna de mayor mercado y consumo en fresco en México es la tuna blanca. García (1992), consciente de esta situación, propone la producción de una mezcla de jugo de tuna blanca y jugo de tuna roja. La opción por una o por otra para desarrollos, se ve afectada por su disponibilidad y rendimiento; pero definitivamente el factor sensorial ha influido de manera determinante, y hasta ahora, el color ha resultado generalmente el atributo decisivo.

CONCLUSION DEL CAPITULO

El nopal y la tuna son elementos con profundo arraigo en nuestra cultura, especialmente en la región árida y semiárida central. Los principales estados donde se produce y aprecia la Tuna son el Estado de México, Zacatecas, Puebla, San Luis Potosí e Hidalgo, aunque los mercados donde se comercializa de manera importante son Guadalajara, Monterrey, la Cd. de México y su zona conurbada, por lo que, si bien no se conoce en todo el país, sí se consume en una gran parte y en especial en los mercados más grandes, además de que se vislumbran posibilidades de ampliar su demanda en el extranjero, especialmente en California, EUA, debido al porcentaje de población mexicana residente, e inclusive a otros lugares donde resulta exótica, como Japón y Canadá.

La producción de tuna en otros países no tiene comparación con la producción que se genera en el nuestro. Para Chile, país donde actualmente ya hay empresas que industrializan la tuna, se encontró reportada una producción de 6,600 toneladas para 1987 (Sáenz, 1990), mientras que en nuestro país, para 1985, ya se tenía reportada una producción de 184,600 tons (SARH, anuario); y sin embargo, aproximadamente el 50% de la producción nacional se encuentra subutilizada.

México cuenta principalmente con 12 variedades comerciales, de las cuales la tuna blanca es la de mayor consumo en vista de su tamaño, dulzor, menor número de semillas, y cáscara delgada con respecto a las otras variedades. Sin embargo, en casi todos los desarrollos de bebidas normalmente se ha considerado a la tuna roja debido al atractivo de su colorido. Ahora bien, esta variedad presenta desventajas en comparación con la tuna blanca en lo que a porcentaje de porción comestible y rendimiento de jugo se refiere. De ahí que convendría probar experimentalmente la propuesta de García (1992) para mezclar jugos de ambas variedades y aprovechar sus respectivos atributos, independientemente de que es necesario evaluar sensorialmente las características de las variedades Fafayuco y

Charola, pues éstas podrían contribuir a ampliar el lapso de disponibilidad de la materia prima por tratarse de especies tardías.

Debido a que la tuna no se ha industrializado, no existen propuestas de normas o de especificaciones de materia prima con este fin. Sin embargo, existe información suficiente para elaborar una propuesta y afinarla experimentalmente.

De los reportes disponibles, se concluye que para respetar el perfil natural de la tuna en cualquier desarrollo que implique la adición de saborizantes, edulcorantes y acidulantes, se debe considerar el grupo de compuestos volátiles determinado especialmente para esta fruta, apoyándose en sus semejanzas con el melón y el pepino; se deben considerar también los azúcares predominantes en la tuna, la glucosa y fructosa; el ácido predominante, el ácido cítrico y el pH de 5.2 a 6.0, el cual, junto con la susceptibilidad de esta fruta a *Penicillium*, determina en gran parte las condiciones necesarias para conservar las bebidas a base de tuna.

V DESARROLLO DE BEBIDAS NO ALCOHOLICAS A BASE DE TUNA

Las opciones tecnológicas para desarrollar bebidas son muy grandes, debido a la variedad de aditivos y procesos con que hoy se cuenta, y a las exigencias de productos originales en todos los aspectos.

Hablando de desarrollos a base de tuna, las bebidas constituyen una posibilidad contemplada, pero que todavía se puede explotar desde muchos puntos de vista.

En este capítulo se presenta el trayecto y actualización que han seguido estas propuestas, y se analizan tanto las operaciones comunes como el desarrollo particular para cada tipo de bebida.

Recepción, Limpieza y Almacenamiento de Materia Prima.

La recepción de la materia prima implica la evaluación de la fruta, las condiciones de almacenamiento y si es posible, debe remontarse a la transportación y tratamiento previo de la fruta (desarrollo de proveedores), para mantener un estándar de calidad.

El mejor momento para cosechar la tuna depende totalmente del grado de madurez requerido, el cual, según se ha demostrado, influye no sólo en las características de la fruta, sino también en las condiciones y el período en que ésta se mantiene apta para su procesamiento y consumo. Para la extracción de jugos, donde el período de almacenamiento de la materia prima es muy breve, lo mejor es un grado de madurez que permita a la fruta desarrollar su perfil característico. Por lo tanto, para cosechar la tuna, se debe realizar una primera selección en base a la madurez, ataque de plagas y enfermedades, de donde se desechan las frutas no aptas.

Una vez cosechado el fruto, y habiendo hecho una primera selección, se procede a deshuatar las tunas. Actualmente existe maquinaria en base a cepillos giratorios de cerdas blandas (para no dañar al fruto) que puede realizar esta práctica, eliminando por frotación los ahuates, los cuales se juntan mediante un ventilador y recogedores especiales dejando un fruto brillante y limpio, en lugar de remover los frutos con una escoba como se hacía antiguamente (Figura 20).

Figura 20. Práctica de deshuatado con escobas



Fuente: Villegas, 1995.

En el caso de la tuna destinada para consumo en fresco, se realiza una clasificación según su tamaño y aspecto, en la cual se determinan los grados de calidad y de acuerdo a esto el tipo de empaque (Ibarra, 1994). Para la tuna destinada a la producción de bebidas, los criterios de selección no cambiarían, con excepción del tamaño, seleccionando fruta de segunda, según se discutió con anterioridad.

Lo ideal es que el procesamiento de la fruta se lleve a cabo lo más cerca posible del lugar de producción. En todo caso, la transportación debe realizarse con cuidado para evitar daños físicos a la fruta. Tratándose de un producto para procesar, la forma de empaque podría ser a granel, buscando no sobrepasar un cierto peso. En San Salvador Hidalgo, por ejemplo, el límite establecido como máximo es de 36 kg (Ibarra, 1994). En trabajos teóricos de desarrollo de bebidas, también se propone un máximo de 30 kg (Bejarano, 1973). La ventilación del producto debe asegurarse, utilizando huacales y no sobrecargándolos. El producto debe identificarse con fecha de corte y de entrada a la planta, de modo que sea posible establecer un control adecuado sobre el consumo de materia prima según la capacidad disponible.

En cuanto al almacenamiento de la fruta, cuando se destina a consumo en fresco, el producto ya empacado se estiba en el área de almacén, perfectamente bien clasificado por variedad y calidad. Para nuestro caso se puede estibar también en huacales o en silos de tal forma que el apilado de la fruta no supere los 1.2 metros con el fin de permitir un flujo de aire continuo durante el mayor tiempo posible (Orta 1977). Para cualquier opción lo importante, al igual que durante el transporte, es vigilar que los frutos tengan ventilación y que el peso de la estiba se distribuya y no recaiga en las frutas.

Existen numerosos trabajos cuyo objetivo es ampliar la vida útil de las tunas. Estos trabajos consideran el uso de la cera de candelilla, hidrocalentamiento, fungicidas, temperaturas de almacenamiento, atmósferas controladas e inclusive el aislamiento del cladodio con la fruta (Cruz, 1982). Sin embargo, estos trabajos están orientados a la

conservación de la tuna en fresco. Para efectos del procesamiento de la tuna, el enfoque de conservación es distinto; la fruta debe procesarse cerca del lugar de cosecha lo más pronto posible, por lo que la mayoría de las condiciones investigadas en dichos estudios no son necesarias y lo único que lograrían sería encarecer el proceso. El tiempo máximo de almacenamiento quedaría determinado por la estiba y la temperatura del almacén. Considerando que no debe pasar más de 1 semana sin que se procese la fruta y según los reportes disponibles, es suficiente un almacén fresco con una temperatura alrededor de los 20 °C. Escamilla y colaboradores (1977) reportan un tiempo de conservación de 20 y 14 días con 20 y 25°C para tunas maduras, variedad cardona, sin ningún tratamiento.

Para la evaluación de la fruta destinada para procesar, tanto los criterios subjetivos (tamaño, apariencia) como los criterios objetivos (parámetros fisicoquímicos) son necesarios para la evaluación de la calidad. Los distintos desarrollos de bebidas de tuna mencionan esta necesidad (Orta, 1977; Bejarano, 1973; García, 1992), eligiendo los sólidos solubles (°Brix), la acidez y el color de la cáscara, como criterios representativos de la madurez del fruto. Hablando de valores, únicamente García propuso un valor mínimo de 11°Bx. Finalmente, la especificación para evaluar la materia prima depende de la variedad seleccionada. En base a la información recabada, la tuna blanca Reyna o Alfajayucan proporciona el mejor rendimiento con un mínimo de semilla y un alto porcentaje de porción comestible, con un buen porcentaje de sólidos solubles y con un perfil sensorial muy apreciado y conocido en México.

Por todas estas razones, considero que por el momento, los desarrollos deben aprovechar estas ventajas y elegir como materia prima mayoritaria esta variedad, con la alternativa de realizar mezclas con otras variedades, como propuso García (1992) o de mejorar el perfil, por ejemplo proporcionando color, según lo permitido para los diferentes tipos de bebidas. Adicionalmente es necesario evaluar su perfil contra el de las demás variedades, elemento indispensable para establecer en definitiva las ventajas que presentan las distintas opciones.

Lavado

La fruta debe recibirse sin espinas y antes de procesarse, debe recibir un lavado especial. La calidad del agua utilizada y el tipo de lavado es importante para evitar incluir un factor de contaminación. En la región de San Martín de las Pirámides, un estudio de Alvarado (1978) relacionó el agua de lavado de las tunas como una fuente de contaminación, debido a que presentaba cuentas microbianas muy altas; además, demostró que el método de lavado por inmersión de varias rejas de tuna en el mismo tanque resultaba contraproducente desde el punto de vista microbiológico, pues cada inmersión enriquecía el contenido de microorganismos por lo que se recomendó lavar por aspersión o bien disminuir el número de rejas sumergidas entre cada cambio de agua del tanque.

La técnica de lavado puede ser muy variada. Los distintos autores proponen en general un lavado con detergente, un enjuagado con solución de cloro, un enjuagado a presión con agua caliente y por último un cepillado como una medida preventiva para eliminar ahuates residuales, pues si bien la fruta llega normalmente sin ahuates, es mejor asegurarse que todos se hayan eliminado por completo.

Corte y Extracción.

La separación de la cáscara de la tuna debe realizarse manualmente, rebanando los extremos y luego realizando un corte longitudinal. Desde luego, sería ideal contar con tecnología para agilizar el proceso, pero por el momento esta es la mejor y única opción. Joubert (1993) evaluó la aplicación de NaOH para pelar las tunas. Estas se hirvieron con sosa al 18% durante 30, 60, 90 y 120 segundos. Ningún tratamiento fue efectivo porque la piel solo se remueve parcialmente y la pulpa se lesiona.

Bejarano (1973) recomendó congelar las tunas para que las estructuras cobraran rigidez y se facilitara el corte y la extracción de la pulpa. En este caso, habría que cuidar que las condiciones a que se someta la fruta no sean tan drásticas que le causen daños por frío y deterioren su calidad, además de evaluar si el beneficio es realmente representativo frente a los costos para mantener la cámara de congelación.

Para la extracción del jugo y pulpa se han probado varias opciones (licuadora industrial, extrusor). Por su contenido en semillas, debe ser de preferencia un equipo con la ventaja de que al mismo tiempo que se extraiga el jugo y parte de la pulpa, la parte más gruesa y las semillas también sean separadas, como es el caso de la despulpadora.

Filtrado y Clarificación del jugo.

En general, siguiendo la lógica de un procedimiento industrial para cualquier jugo, los autores de diseños teóricos han propuesto primero un pretamizado, para eliminar la fibra más gruesa, y luego una centrifuga. Sin embargo, hay muy poca información experimental para concluir sobre las condiciones y métodos óptimos de clarificación para el jugo de tuna.

Bejarano (1973) fue el primero en reportar un resultado utilizando filtro ayuda para la clarificación del jugo de tuna. Desafortunadamente, la descripción de éste intento fue muy general; no especificó ni tipo de filtro ayuda, ni la dosificación, ni lo sustentó con un análisis sensorial formal, por lo que no es comparable con otros estudios. Debido al bajo impacto sensorial que obtuvo Bejarano al clarificar el jugo, decidió simplemente realizar un filtrado grueso. A partir de estas observaciones, concluyó sobre la importancia de la pulpa en las características sensoriales del jugo de tuna; por lo tanto, recomendó que la clarificación fuera moderada en futuros desarrollos de bebidas.

Velázquez (1985) extrapoló los procesos empleados en la caña de azúcar para obtener un jarabe concentrado y clarificado (60°Bx) que pudiera competir con miel comercial. Aplicó varios sistemas clarificantes al jugo, resultando el Acetato de Plomo el mejor, sin necesidad de utilizar algún otro agente especial para eliminar las pectinas. También eliminó color y olor mediante la aplicación de carbón activado al jarabe. En todo caso, la miel de referencia tuvo mayor aceptación, debido a que aún el clarificado con acetato de plomo presentaba olor a tuna y su color era ámbar debido a la degradación que sufrieron los azúcares durante la concentración a baño maría, favorecida por las condiciones alcalinas durante el proceso posterior a la clarificación.

Carrera (1986) presentó un estudio dedicado a la clarificación del jugo de tuna por medio de la filtración, para su posterior utilización en la elaboración de un jarabe como fuente de carbohidratos. En primer lugar, Carrera determinó que es necesario usar filtro ayuda para clarificar el jugo de tuna en base a pruebas preliminares sin filtro ayuda. Entonces evaluó a nivel laboratorio distintas opciones de medios filtrantes y filtros ayuda, escalando a planta piloto sus resultados. El medio filtrante seleccionando fue el papel US-933. Así mismo seleccionó el filtro ayuda más adecuado para formar la precapa y evaluó la dosificación, resultando una combinación de dos clarificaciones, la primera con Fibracel de mayor velocidad, para separar únicamente gruesos y la segunda con Standard más lenta para afinar la clarificación. En este estudio se eligieron estas condiciones en base a las características de brillo y claridad que satisfacían sus objetivos. Sin embargo, la primera opción se podría evaluar pensando en una bebida en donde una clarificación con esas características resultara suficiente o inclusive deseable, como por ejemplo, en la producción de jugo de tuna como producto terminado. Las evaluaciones y resultados de este trabajo se podrían aprovechar para probar nuevas opciones pensando en el desarrollo de bebidas, considerando que con filtraciones a presión de vacío, se puede experimentar con las variables involucradas. En la tabla 18 se resumen los resultados obtenidos por Carrera durante el escalamiento de su investigación.

Tabla 18. Datos comparativos del líquido a filtrar vs corridas recomendadas para la primera filtración. Escalamiento planta piloto

Parámetro	Jugo Original	Corrida con Fibracel (2.3% en dosificación)	Corrida con Fibracel (3.2% en dosificación)
pH	6.8 - 6.7	4.2	4.2
° Baumé	7	6.0	6.0
° Brix	12.6	10.8	10.8
% T (650 nm)	—	23.3	16.1
Densidad (g /cm ³)	1.05	1.04	1.04
Viscosidad (cp)	12	1.2	1.2

Fuente: Carrera, 1986.

Obtención de jugo y néctar de tuna.

La obtención y enlatado de jugo y néctar de tuna fue de las primeras opciones contempladas para la industrialización de esta fruta. Se encontraron 7 propuestas que se describen a continuación:

Villareal y colaboradores (1964), conservaron jugo de tuna de 4 variedades (tuna blanca, roja, púrpura y amarilla), mediante dos opciones: Congelación y enlatado.

Para el primer proceso, el jugo se conservó en frascos de vidrio en atmósfera de nitrógeno y se colocó en un cuarto de congelación a -15°C durante siete meses.

Para el proceso de enlatado, el jugo se transfirió a latas calentadas en un recipiente con vapor durante 30 minutos a 71°C , engargolando en caliente, esterilizando a 100°C durante 110-120 minutos y enfriando durante 20 minutos con agua a temperatura ambiente. Los jugos se evaluaron sensorialmente mediante una prueba de preferencia con doce personas las cuales calificaron color y sabor. De acuerdo a esta prueba, el jugo de tuna púrpura (cardona) obtuvo una mayor preferencia, seguido por el de tuna roja, resultando el color un atributo muy importante. Tras el proceso de enlatado el contenido de vitamina C disminuyó considerablemente, por lo que los autores propusieron realizar estudios sensoriales que sustenten la posibilidad de acidificar con cítrico a pH de 4.5 con el fin de reducir el tiempo de esterilización a 34 minutos. Así mismo, propusieron realizar evaluaciones afectivas respecto a la viscosidad que se obtiene con los diferentes tipos de tunas.

Después de siete meses, se evaluaron algunos parámetros fisicoquímicos, concluyendo que en general, tanto los jugos congelados como los enlatados se conservaron aptos para consumo durante este período. Villarreal y colaboradores recomendaron el uso de tuna cardona debido a su alto contenido de vitamina C, a que genera el jugo más viscoso y al atractivo de su colorido, factores calificados como positivos en la evaluación sensorial.

Abarca (1971) enlató jugo de tuna cardona en la planta beneficiadora de Ojo Caliente, Zacatecas, obteniendo muy buenos resultados microbiológicos para el producto terminado y reportando un perfil sensorial de muy buena calidad, en base a la opinión de 20 jueces afectivos. El proceso probado a nivel planta consideró básicamente pulpeo en molino de mallas, filtración en caliente (70 °C) a través de una manta, calentamiento a 70 °C por 10 minutos (deareación), envasado y engargolado a temperatura ambiente, y esterilización a 95 °C por 10 minutos.

Bejarano (1973) enlató néctar de tuna cardona, el cual preparó diluyendo una parte de jugo y pulpa con dos partes de agua. Luego lo pasteurizó a 80 °C durante tres minutos y lo enlató en caliente. Comentó que el producto obtenido presentó un ligero cambio de color, pero conservó el sabor y aroma característicos, sin reportar metodología de evaluación.

Paredes y Rojo (1973) evaluaron distintas condiciones para procesar y enlatar jugo de tuna cardona. Sus estudios consideraron la influencia del pH, la concentración de sólidos solubles, la filtración en frío y en caliente, el tiempo y temperaturas de pasteurización y agotado, la aplicación del tratamiento térmico antes y después de envasar. Las condiciones con las que se obtuvo el mejor perfil sensorial, rendimiento y resultados microbiológicos satisfactorios, fueron: ácido cítrico (0.2% en el jugo) hasta un pH de 4.3 y benzoato de sodio (0.05% en el jugo), calentamiento a 60°C durante 5 minutos, filtración y enlatado, evacuando a 90 °C por un minuto y sellando a 80°C, logrando un vacío de 381 mm de Hg. Paredes y Rojo reportaron la obtención de un jugo con características organolépticas adecuadas y agradables. Sin embargo, no reportaron la evaluación sensorial, ni detallaron bajo qué criterios estas características fueron evaluadas, además de que faltó organización en el diseño experimental para evaluar las variables de proceso mencionadas.

Espinosa y colaboradores (1973), realizaron estudios para caracterizar el jugo de tuna (*O. ficus indica*) y embotellarlo. El procedimiento evaluado incluyó acidificación con jugo de limón a pH 4, precalentamiento (70°C), prensado, filtración en caliente a través de una manta de algodón, precalentamiento en baño maría (30°C), embotellado, evacuación durante cinco minutos, sellado y pasteurización a 80°C durante 25 minutos. Sin embargo, no tuvieron éxito en la preservación del jugo, pues no se logró evitar la fermentación acética junto con la formación de un precipitado gelatinoso, derivado de la actividad microbiana.

La SARH (1981), cita la producción de jugo de tuna como materia prima para posterior fermentación en Santa María Tejaquete. El jugo se sometía a centrifugación, calentamiento a 120 °C durante 20 minutos y nuevamente a centrifugación, con lo cual se obtenía un sobrenadante cristalino que utilizaban en la elaboración de un curado. No se presenta información sobre las características fisicoquímicas y sensoriales del jugo obtenido, o del producto terminado.

Carrera (1986), para poder manejar jugo en pruebas de filtración, lo pasteurizó a 78 °C por 3 minutos en recipientes de aluminio, lo enfrió y congeló, reportando la preservación de sus principales características, sin especificar bajo qué tipo de evaluación determinó estos resultados ni el tiempo de conservación.

De los desarrollos anteriores ninguno consideró la regulación de norma alguna; la mayoría no reportó los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos y prácticamente ninguno presentó una evaluación sensorial formal, limitándose a comentarios descriptivos muy pobres. El único que reportó los resultados de una prueba con consumidores fue Abarca (1971), el cual les daba a calificar la calidad de su producto (nivel de agrado general). Sin embargo, aunque los resultados fueron bastante positivos, el número de encuestados no fue representativo para este tipo de prueba.

La adición de ácidos contemplada en varios trabajos, se realizó probablemente buscando obtener un pH de 4.3, valor óptimo para disminuir el procesamiento térmico y garantizar la conservación del producto. Ahora bien, cambiar el pH del jugo de aproximadamente 6.5 a 4.3 no favorece la aceptación sobre el perfil natural del jugo de tuna (Joubert, 1993), con la agravante de que aún así, las condiciones térmicas aplicadas en general resultan drásticas.

Los estudios de Abarca y Paredes contemplaron una evaluación específica sobre las condiciones de enlatado del jugo de tuna cardona. Sin embargo, sus diseños experimentales consideraron una breve investigación para proponer condiciones generales que les permitieran continuar con sus desarrollos. En general, los trabajos realizados proporcionan poca información documentada que relacione las condiciones de obtención con los resultados afectivos y la estabilidad durante la vida de anaquel.

Para la pasteurización del jugo de tuna, la propuesta en muchos trabajos corresponde a un intercambiador de calor de placas, por presentar mayor área de contacto y poco tiempo de residencia. Sin embargo, la evaluación en este equipo no se ha reportado experimentalmente en México, cosa que sería interesante en vista del suave perfil del jugo de tuna y de que las condiciones son mucho mejores que las que se han evaluado hasta ahora.

El enlatado de jugo de tuna es la opción de conservación y envasado más estudiada, dejando aún muchas otras que cubrir, como el envasado en vidrio o el envasado aséptico. Falta completar con un mejor y ordenado diseño experimental el tipo de tratamiento térmico al cual se debe someter el producto por sus características combinado con distintos tipos de empaque y las ventajas en cada caso.

Obtención de Concentrados

Al respecto se analizaron 4 trabajos que se describen brevemente a continuación:

Bejarano (1973) elaboró su bebida a base de tuna formulando con un concentrado que se obtuvo a partir de jugo pasteurizado a 80 °C durante 3 minutos adicionado con ácido tartárico y concentrándolo en un evaporador a 1 pulgada de vacío y 28 °C, logrando una concentración hasta 55 °Brix, adicionando conservadores a la salida del evaporador y proponiendo su conservación a una temperatura de -20°C. Este autor no especificó el equipo utilizado para obtener el concentrado a nivel experimental, ni el tiempo de proceso. Tampoco reportó análisis sensorial o fisicoquímico alguno, ni el desarrollo de la vida de anaquel.

Escamilla et.al. (1977) obtuvieron un concentrado de tuna cardona, fabricado en el laboratorio, mediante una sencilla metodología consistente en el calentamiento a baño maría del jugo a temperatura menor de 70 °C, presión de 585 mm de Hg (Cd. de México) y agitando constantemente hasta alcanzar una concentración cercana a 5 veces el valor original de los °Brix con la consecuente concentración de azúcares reductores de 12 % a 58 % y demás componentes, lo que proporciona un mejor pH para la actividad del Benzoato de Sodio, favoreciendo la conservación. Durante el proceso se evaporó el 42.7% del agua original de la pulpa. En este trabajo se estableció como límite la temperatura de 70°C para evitar la decoloración del jarabe por la descomposición de las betanidinas. El jarabe se envasó en frascos de vidrio a 70 °C y se le adicionó 1 ml de una solución de benzoato de sodio de 0.1 g/ml (no se incluyó porcentaje sobre producto terminado), asegurando obtener un producto estable a temperatura ambiente.

Velázquez (1985) obtuvo un concentrado a 60 °Bx evaporando a baño maría jugo de tuna blanca clarificado. En este trabajo no se incluyeron mayores descripciones sobre las condiciones de concentración (temperatura, etc.). Se reportó que la aceptación de sus

concentrados fue moderada; en cuanto a olor y sabor sus resultados no son relevantes para este análisis, pues su concentrado fue desarrollado como fuente de azúcar, por lo que se trató de eliminar por completo el olor, sabor y color de la tuna; sin embargo, respecto al color, durante la concentración del producto se generó un color ámbar, que el autor atribuyó a la caramelización y degradación de los azúcares, comprobando que el control de la temperatura es determinante, no sólo para no degradar los colorantes naturales, sino además para evitar la caramelización del producto.

Herrera en 1982 también concentró jugo de tuna cardona a nivel laboratorio, buscando poder utilizarlo como colorante. El producto fue concentrado 20 veces, con un evaporador rotatorio de laboratorio, operado en un baño de agua, a una temperatura de 35 a 40 °C, estabilizado con benzoato y .bisulfito de sodio. El producto no se evaluó en esta etapa que correspondía a un paso intermedio para su aplicación como colorante.

Los procesos de Velázquez y Escamilla et. al. son accesibles inclusive a nivel casero, sin embargo, lo más probable es que el perfil sensorial haya sido muy deficiente con respecto al de los productos de Bejarano y Herrera, en los cuales se consideró una baja temperatura y vacío, con lo cual se esperaba que el perfil original se conservara mejor. En realidad, hay muy pocos intentos y poca información respecto a concentrados de tuna.

Varios de los anteriores desarrollos se reportaron como obtención de jarabes de tuna. Los términos jarabe y concentrado generan confusión y se utilizan en muchos casos indistintamente. La concentración del jugo o pulpa combinada con conservadores, para elaborar bebidas, helados, etc se puede denominar como concentrado. También la concentración de la pulpa sin adición de aditivos y conservación por medios físicos (generalmente a bajas temperaturas) se conoce como concentrado. Los jarabes se elaboran con la disolución de estas pulpas en soluciones con altas concentraciones de azúcares. Los trabajos anteriores responden a la denominación de concentrados.

Situación Actual de la Obtención y Preservación de Jugo y Concentrados de Tuna.

En los últimos años, algunos investigadores han vuelto a insistir en el potencial que podría tener el jugo de tuna, aprovechando el adelanto en las técnicas de procesamiento y de análisis sensorial para obtener productos de aceptación.

García (1992) elaboró un proyecto teórico para comercializar jugo de tuna en envases de vidrio, proponiendo una mezcla de jugo de tuna blanca (Alfajayucan) y jugo de tuna roja (Cardona), una propuesta muy interesante desde el punto de vista sensorial. Para justificar la inversión de equipo necesario, García considera indispensable procesar otros jugos de frutas durante la temporada en que la tuna no está disponible. El autor propone la especificación para este producto, como se muestra en la tabla 19, donde se puede observar que consideró principalmente la definición y descripción teórica del producto, la cual convendría valorar y corregir experimentalmente.

Saenz y colaboradores han publicado varios trabajos dedicados a la investigación de las condiciones necesarias para industrializar jugo y concentrado de tuna.

Inicialmente, realizaron estudios preliminares para la elaboración de jugos de tuna, evaporados en vacío a una temperatura aproximada de 40°C hasta una concentración de 44 y 60 °Bx (Evaporador Buchi, modelo RE y Centritherm Alfa Laval respectivamente), fijando las condiciones para obtener jugos concentrados estables (Saenz y Costell, 1990).

En 1990, (Saenz y Costell) publicaron un estudio sobre la reología de jugos concentrados de tuna (60 y 44°Bx), variedad *O. ficus indica*. En este trabajo consideraron las variables de madurez, etapa de cosecha (en Chile hay dos temporadas para cosechar tuna, invierno y verano), contenido de pulpa (30% y 8%), diluciones hasta 14 °Bx (es decir, jugo reconstituido) y 2 variantes de obtención del jugo, pulpeo y prensado.

Tabla 19. Especificación para Jugo de Tuna

Definición del Producto	Se entiende por jugo de Tuna el líquido obtenido por la expresión de tunas cardona y blanca, no diluido, no concentrado, no fermentado y sometido a un tratamiento térmico que asegure su conservación en envases herméticos.
Características y Propiedades	- Sabor dulce - Olor característico de la tuna, es decir, exento de olores y sabores extraños al fruto. - Líquido sin pedazos de fruta entera, sin semilla y sin cáscara. - No requiere de ningún tipo de almacenamiento especializado
Aplicaciones (necesidades que cubre)	Es un producto de segunda necesidad pues no es un alimento que requiera de ser consumido habitualmente y, por lo tanto, no forma parte de la canasta básica de los alimentos.
Vida de anaquel	3 meses teóricos, a reserva de lograr modificaciones como consecuencia del tratamiento térmico y envasado.

Datos obtenidos de: García, 1992.

El comportamiento reológico observado en todos los casos fue pseudoplástico, a diferencia de la mayoría de los concentrados de otras frutas que presentan un comportamiento plástico. Este comportamiento se repitió inclusive con la variable de dilución para los jugos obtenidos por pulpeo; sin embargo, para el jugo obtenido por prensado, al sufrir diluciones inferiores a 50 °Bx, el comportamiento cambia a newtoniano, de manera semejante a lo que se ha observado en diluciones de concentrados de jugo de naranja y tomate.

En 1993, Saenz y Sepúlveda publicaron la cinética de la degradación del color natural del concentrado de tuna y su reconstituido (*O. ficus indica*) almacenado a diferentes temperaturas por diferentes periodos de tiempo, relacionándola con evaluaciones afectivas. Con el aumento de temperatura y con el tiempo, tanto los concentrados como los reconstituídos tienden a oscurecerse presentando un cambio de color verde a un matiz rojizo, acentuándose ligeramente este perfil en los concentrados. Los jugos reconstituídos en general presentaron una mayor aceptación con respecto a los concentrados, lo cual guardó relación con la cinética de degradación observada. La temperatura de 10°C resulta la recomendada para el almacenamiento de ambos productos, ya que a esta temperatura tanto los concentrados como sus reconstituídos conservaron mejor sus características de color, manteniéndose prácticamente constantes durante 75 días. Los autores calcularon las ecuaciones tanto para la cinética de degradación como para la relación entre ésta y las evaluaciones sensoriales.

También en 1993, Joubert evaluó la importancia del pH en la aceptación sensorial de jugo de Tuna. Comparó mediante una prueba de preferencia, jugo acidificado a pH de 4.3 y 5.2 contra jugo testigo con un pH de 6.4. Los jugos acidificados no se prefirieron sobre el testigo, aunque la autora recomienda evaluar equilibrando la relación azúcar/acidez original de la fruta, agregando el azúcar faltante. Recomienda evaluar mezclas de jugo de tuna con otras frutas.

Rentería (1994) reportó la obtención de jugo de tuna deshidratado, buscando elaborar por primera vez una bebida en polvo a base de tuna, lo cual se describirá posteriormente.

Hoy día, Alimentos y Frutos S.A., empresa chilena líder en la producción y exportación de frutas y legumbres congeladas, ofrece dentro de su cartera de productos, pulpa de tuna congelada (Helguera 1998).

Refrescos y bebidas listos para beber.

Bejarano presentó en 1973 el único desarrollo que se ha reportado de una bebida lista para beber a base de tuna.

Tras pasteurizar y concentrar jugo de tuna, Bejarano preparó diversas formulaciones, las cuales se evaluaron desde el punto de vista sensorial. El autor seleccionó la formulación ganadora en base a pruebas de preferencia con 50 consumidores y pruebas de preferencia y diferenciación con 20 jueces acostumbrados a la evaluación de bebidas frutales. Desafortunadamente el reporte de este estudio sólo incluyó algunos de los comentarios realizados textualmente como: “Buen sabor, mal sabor, mala apariencia.....”. En base a esta evaluación, la fórmula propuesta por Bejarano fue la siguiente:

Tabla 20. Fórmula para una bebida enlatada hecha a partir de tuna. Bejarano, 1973.

Ingredientes	Concentración	Ml	%	°Brix
Jarabe simple	58.6 °Bx	60.00	14.29	8.37
Jugo concentrado de tuna	55 °Bx	50.40	12.00	6.60
Sol. de Acido Tartárico	500 g / l	1.050	0.25	0.13
Sol. De Benzoato de Sodio	200 g / l	0.525	0.13	0.03
Agua para completar a:		420	100	15.12

Datos obtenidos de: Bejarano, 1973.

Con el fin de reforzar el sabor y conseguir así una nota más característica a tuna, Bejarano trató de obtener “aromas” de tuna. Estos se obtuvieron al vacío y a baja temperatura (35°C para la pulpa) a partir de la pulpa de la tuna, con un rendimiento del 25%. Su obtención generó un importante porcentaje de pulpa con bajo olor y sabor. La estabilidad lograda

para los sabores fue muy baja, debiendo mantenerse en congelación. Sin embargo, el autor decidió aplicarlos y evaluarlos. El porcentaje de aromas incluido en la fórmula fue bastante alto (2.5%) y sin embargo, al efectuar una prueba de preferencia contra la fórmula estándar, cuyos resultados y análisis nuevamente no se incluyen, se concluyó que la diferencia no era lo bastante notoria para justificar su obtención, lo cual además de los inconvenientes mencionados, elevaría los costos de producción en una forma injustificada. En la actualidad ya están disponibles en el mercado sabores a tuna con mucho mejor estabilidad y costo, que convendría evaluar, pues un sabor a tuna podría ayudar mucho en estos desarrollos, sobre todo si se toma en cuenta que la tuna tiene un sabor suave, cuyo impacto convendría resaltar.

Las opciones de acidulantes o mezclas de ellos disponibles para usar en el desarrollo de bebidas son múltiples. Cada opción presenta distintas ventajas en cuanto a perfil sensorial, características fisicoquímicas y precio. Bejarano eligió como acidulante la opción del ácido tartárico. Convendría reevaluar sensorialmente la fórmula de Bejarano, para determinar cómo el balance propuesto para esta bebida conviene al perfil de la tuna, considerando los estudios realizados para jugo de tuna por Joubert (1993). También convendría reevaluar la idea con ácido cítrico, que es el ácido predominante en la tuna y que por lo tanto debe proporcionar un perfil más natural, además de que su precio es aproximadamente tres veces menor que el del tartárico.

Bejarano probó experimentalmente distintas condiciones para la conservación de la bebida enlatada. Con este fin, propuso un diseño experimental, considerando tres formulaciones; la primera utilizando como conservador al benzoato de sodio (200 g por L, 0.13 % de solución en Producto terminado); la siguiente al sorbato de potasio (200 g por L, 0.13 % de solución en Producto terminado); la última formulación fungió como testigo. Estas formulaciones fueron combinadas con las siguientes condiciones de proceso:

Bebidas no alcohólicas a base de Tuna

Pasteurización a 70 °C / 3 minutos, enlatado en caliente, enfriamiento lento.

Enlatado, pasteurización a 60 °C / 3 minutos y choque térmico.

Pasteurización a 80 °C / 3 minutos, choque térmico y enlatado.

Carbonatación, CO₂ a 2.5 volúmenes de gas.

Para la evaluación de este diseño, Bejarano se apoyó principalmente en estudios sensoriales y microbiológicos resultantes de las condiciones propuestas. Con respecto a los conservadores, el Benzoato resultó la mejor opción, ya que presentó una mayor efectividad bajo todas las condiciones probadas, con excepción de la carbonatación, en donde el Sorbato arrojó mejores resultados. Un resumen de los resultados encontrados se presenta en la tabla 21.

Tabla 21. Resultados de diferentes condiciones de proceso en la conservación de una bebida enlatada, elaborada a partir de tuna

Condiciones de proceso térmico	Conservador con mayor efectividad
Pasteurización, envasado en caliente y enfriamiento lento	Benzoato y Testigo
Enlatado, pasteurizado y choque térmico	Benzoato y Sorbato de Potasio
Pasteurizado, choque térmico y enlatado	Benzoato
Carbonatación	Sorbato de Potasio

Únicamente se evaluó una concentración para cada conservador. Sería recomendable realizar un estudio para evaluar diferentes concentraciones y ampliar las conclusiones al respecto, sobre todo bajo nuevos perfiles de acidez, que modifiquen lo menos posible el perfil natural de la tuna, en cuyo caso convendría reevaluar sobre todo el papel del Sorbato.

El autor explica que la elección del tiempo de pasteurización se hizo considerando la adición de ácido tartárico, en cuya ausencia hubiera tenido que aumentarse debido al pH original de la tuna. Sin embargo, los tres minutos y las temperaturas no se eligieron realizando un estudio específico para las características de la bebida, sino como un parámetro general, condiciones que deben reevaluarse al igual que en el caso de los jugos.

En base a los resultados microbiológicos, independientemente del conservador, el autor recomienda seguir cualquiera de los procesos, bajo las condiciones establecidas experimentalmente, con excepción de la carbonatación.

Según Bejarano, los resultados sensoriales obtenidos fueron muy buenos, pero desafortunadamente, no incluyó el desarrollo de este análisis, y sus conclusiones se limitaron a dicho comentario. Hay que considerar que todas las condiciones probadas resultan, como ya se mencionó, muy drásticas hoy en día, y que además, el autor parece describir que el jugo de tuna utilizado como materia prima ya estaba pasteurizado, es decir, que ya había sufrido un tratamiento térmico fuerte; como el autor no lo deja claro, hay que considerar que pudo haber influido de manera importante en el perfil del producto. Además, el nivel de dulzor del producto terminado es muy alto (15.12 °Brix) en comparación con los niveles que normalmente presentan este tipo de bebidas (alrededor de 10 °Brix).

Con todos estos factores, es de suponer que el suave perfil de la tuna se vio afectado de manera importante. Convendría reevaluar la formulación propuesta contra opciones considerando otros acidulantes, nivel de dulzor, niveles de pulpa, aditivos y nuevas condiciones térmicas.

El autor concluyó que obtuvo un producto de buena calidad y buen sabor, capaz de competir con las bebidas del mercado. Las pruebas de conservación indicaron que después de 6 meses de enlatada la bebida, se tiene un buen producto. Bejarano no especificó a qué se refiere con un “buen producto”; por lo pronto, haremos la suposición de que se trata de sinónimo de estable y con perfil adecuado para su consumo. Tampoco documentó el estudio mediante el cual determinó la vida de anaquel.

En realidad no es posible concluir acerca de la aceptación de este producto. Bejarano no incluyó el sustento de sus análisis sensoriales (Cuestionario, resultados, análisis estadístico, condiciones de la prueba). Únicamente incluyó los comentarios que obtuvo, de manera muy general; algunos de estos comentarios en realidad no corresponden al tipo de pruebas que realizó. Lo valioso de las pruebas afectivas es obtener información de aquellos a quienes va enfocado el producto, y el número de evaluaciones que es necesario realizar para obtener resultados confiables es muy elevado, cosa que por la breve descripción de las pruebas se puede inferir que no se realizó.

Para completar y concluir con respecto a los cambios sufridos por la bebida bajo las diferentes formulaciones y variables del proceso, es indispensable incluir el estudio fisicoquímico y su análisis. En general, el mismo Bejarano no concluye ampliamente sobre su desarrollo, eligiendo su formulación en base a información que definitivamente se puede enriquecer y ampliar.

No se han reportado nuevos desarrollos de bebidas o refrescos listos para beber a base de Tuna. Como se puede observar, la propuesta de Bejarano se puede explotar desde varios puntos de vista, empezando por una reformulación con recursos actualizados, evaluaciones sensoriales mejor diseñadas y un estudio más completo sobre condiciones de conservación en combinación con ésta y nuevas opciones de empaque.

Bases de preparación en polvo

El objetivo de la tesis de Orta y Paredes (1977) era proponer teóricamente la obtención de un deshidratado a partir de tuna. Para esta operación, propusieron el secado por aspersión de un jarabe obtenido previamente. Los autores no incluyeron las condiciones estimadas de operación del secador; no consideraron el uso de ningún vehículo, además de que resulta mucho más factible deshidratar la fruta y luego formular con este deshidratado la bebida, en lugar de deshidratar la formulación incluyendo azúcar, ácidos, etc.

Herrera (1982), aplicó jugo de tuna cardona en polvo (deshidratado) como colorante para preparar bebidas de frutas. Los jugos de tuna (sin concentrar y concentrados 20 veces) fueron secados por aspersión en un secador de laboratorio. Debido al objetivo del trabajo, todos los análisis, incluyendo los sensoriales, se encuentran únicamente enfocados a la evaluación del jugo como colorante, además de que el jugo deshidratado se sometió a fermentación con el fin de eliminar la mayor cantidad de azúcares posible. Sin embargo, las condiciones de deshidratación pueden servir de referencia.

Rentería (1994) por medio de secado por aspersión, deshidrató jugo de tuna y reportó la formulación para una bebida en polvo lista para preparar. Rentería realizó varias determinaciones para el análisis del producto terminado. Sus valores no son comparables con la especificación propuesta por Robles para polvos utilizados en la preparación de bebidas refrescantes, en vista de que esta formulación corresponde prácticamente al deshidratado, y no a una bebida en polvo que lo considere junto con edulcorantes y otros ingredientes.

El procedimiento documentado para deshidratar el jugo es el siguiente: El jugo desemillado en despulpadora se mezcla con un 20% de amidex-10 (amilodextrina) y se procede a homogenizarlo en un molino coloidal pasándolo por este unas 10 veces. La

mezcla homogeneizada se ajusta a un intervalo de sólidos entre 13 y 15 °Bx para posteriormente introducirlo en el secador por aspersión a temperaturas de 175 °C de entrada y 110 °C de salida, con un tiempo de retención de 25 a 60 seg. Rentería obtuvo un deshidratado estable microbiológicamente. El producto ya seco se mezcló con una pequeña cantidad de ácido cítrico (0.25% a 1.0%) y se empacó. La formulación con 0.75% de ácido cítrico fue la que presentó la mejor y más rápida disolución en agua fría, así como coloración, acidez y presentación más adecuada a las características de la tuna.

Rentería monitoreó la vida de anaquel del producto durante 1 mes de vida acelerada (Temperatura entre 30 y 38°C y Humedad ambiente), considerando como parámetro de evaluación los análisis microbiológicos (Tabla 22). El monitoreo de la vida de anaquel debería de incluir evaluaciones sensoriales y fisicoquímicas; por tratarse de un producto en polvo resulta importante evaluar la reacción del producto en ambientes húmedos; el estudio no concluye el tiempo de vida de anaquel, se limita al monitoreo durante un mes, sin reportar su equivalencia; no se aclara el tipo de empaque; sin embargo, solamente el trabajo de Saenz sobre los cambios de color en jugos de tuna (1993) y este desarrollo incluyen un reporte sobre la vida de anaquel del producto. En este caso, las cuentas después de un mes de vida acelerada se mantuvieron iguales excepto por un ligero aumento en la cuenta estándar, con lo cual el autor concluye que el producto es bastante estable.

La formulación seleccionada en este trabajo se consideró la óptima en cuanto a rendimiento, calidad durante el proceso y calidad como producto terminado; sin embargo, el autor aclara que es necesario realizar investigaciones posteriores para el mejoramiento y perfeccionamiento de ésta, especialmente en lo que a acentuar y definir el sabor se refiere.

El desarrollo de Rentería es el único con la intención de elaborar una bebida deshidratada con tuna que se ha llevado a cabo experimentalmente.

Tabla 22. Vida de Anaquel. Refresco en polvo de Tuna

Determinación	Producto Terminado	Producto después de 1 mes de producido
Cuenta Estándar (Estriado Simple)	-	5
Cuenta Estándar (1:10)	10	10
Coliformes (Lactosa Simple 1:100)	NEG	NEG
Coliformes (Lactosa Simple 1:1000)	NEG	NEG
Coliformes (Lactosa Doble)	NEG	NEG
Hongos y Levaduras	30	30

Fuente: Rentería, 1994.

Estudios previos sobre proyección de bebidas no alcohólicas a base de tuna en México

En 1971, Abarca reportó una sencilla prueba para determinar la aceptación del jugo de tuna cardona que había obtenido a nivel planta en Ojo Caliente, Zacatecas. Abarca dio a probar su producto a 18 consumidores y les pidió que calificaran su calidad y la frecuencia de compra. La calidad del jugo de tuna cardona fue valorada en una escala con cuatro posibilidades obteniendo los siguientes porcentajes: Mala (0%), regular (24%), buena (47%) y excelente (29%). En cuanto a la frecuencia de compra, el 47% de los encuestados lo adquiriría en forma constante, el 41% en forma eventual y un 12% no lo compraría.

En 1977, Orta reportó el caso de producción de jugo de tuna, en Ojo Caliente, Zacatecas. Desde 1974, la empacadora abarcaba el enlatado de frutas, legumbres y otras materias primas y productos de la región. Dentro de estos productos, se procesaba néctar de tuna cardona en latas de 170 gramos, produciendo, en 1977, 800,000 piezas lo que correspondía al 17.78% de la producción total de la empacadora. Orta presentó dentro de su trabajo un estudio de mercado para evaluar las posibilidades de elaborar en esta planta un deshidratado de tuna. En vista de que no contaba con estadísticas para el jugo de tuna en específico, el estudio se realizó considerando los datos disponibles para jugos en general, y explorando la posible aceptación del deshidratado mediante una encuesta en la Cd. de México. El volumen que se destinó durante 1976 para procesar jugo de tuna fue de 300 toneladas; según sus resultados, Orta proyectó para 1977 aproximadamente 2000 toneladas de tuna, de las cuales, un 33 % se destinarían a jugo deshidratado. Los resultados de la encuesta arrojaron que los consumidores marcaron una preferencia considerablemente menor por el concepto de jugo de tuna preenvasado con respecto al jugo de tuna casero, debido a la gran aceptación del sabor de los jugos naturales, y a que en el caso de la tuna se trata de una fruta muy barata y de fácil disponibilidad en épocas de calor. Sin embargo, se determinó que en caso de lograr un sabor natural, la bebida a

partir del deshidratado podría tener una amplia aceptación por su bajo precio y por la novedad del producto.

Según un estudio de mercado elaborado por García (1992), la demanda de jugos es mayor que la oferta (Demanda insatisfecha= 104,249,968 L por año). Basándose en este argumento, propuso la comercialización de jugo de tuna, aprovechando la magnitud de un mercado como el de la Cd. de México, y el mercado no explotado de provincia.

La mayoría de los distintos proyectos mexicanos de desarrollo de bebidas a base de tuna consideran en general que encontraron excelentes opciones técnicas económicamente factibles y que tendrían una importante aceptación en el mercado. Sin embargo, estas afirmaciones se basan en evaluaciones muy limitadas o llenas de generalidades y suposiciones sobre el mercado nacional de jugos y bebidas de fruta, extrapolando los resultados de estos estudios para el caso de los desarrollos que incluyen a la tuna. En algunos trabajos, no se incluyen ni siquiera estas suposiciones, ni se aportan datos; simplemente la conclusión de contar con productos exitosos. Si bien la tendencia del mercado ofrece una visión general de las expectativas para este tipo de productos, sus resultados no se deben considerar concluyentes para las bebidas a base de tuna, pues no podemos esperar de entrada la misma respuesta para la tuna que para los cítricos y otras frutas muy populares y explotadas. Es necesario diseñar y realizar un estudio para bebidas de tuna en específico, que aclare los posibles conceptos para los consumidores y por tanto la aceptación y posibilidades de desarrollo para cada uno.

Ibarra (1994) considera la industrialización del nopal y de la tuna como un proyecto factible, siempre y cuando se desarrollen y trabajen los mercados tanto nacional como de exportación.

Aprovechamiento integral del fruto. Subproductos y alternativas.

La mayoría de los desarrollos contemplan la posibilidad de dar un uso integral al fruto, con el fin de aprovechar el mayor porcentaje posible y proporcionar ganancias extras, obteniendo productos secundarios a partir principalmente de la cáscara y las semillas.

La salida que se propone con mayor frecuencia para aprovechar las semillas, es la alimentación de gallinas y guajolotes. Varios autores (Shaheen et.al. 1980 ;Sawaya, et. al., 1983-a) han determinado la composición de las semillas de tuna, variedad *O. ficus indica*, buscando concluir si podrían considerarse para la alimentación humana. Nutricionalmente hablando, los resultados obtenidos muestran un importante contenido de fibra cruda, aceites y un buen contenido de metionina y cisteína. Ahora bien, independientemente de su composición, fuera de algunas comunidades indígenas en donde se considera que las semillas mejoran el tránsito de los alimentos, las semillas enteras no son consumidas por el hombre, pues no es posible digerirlas.

Hay varios trabajos que han buscado como una posible alternativa la extracción de lípidos a partir de las semillas de *O. ficus indica*, debido su alto contenido de aceite y a que se trata de una variedad muy difundida en lugares donde existen tunas fuera de México (Ver tabla 23). Después de caracterizarlo, (Shaheen et. al., 1980-a; Sawaya y Khan, 1982; Sepúlveda y Saenz, 1988; Krifa et. al., 1993) los autores de los distintos trabajos concluyeron que se trata de un aceite altamente insaturado, semejante al aceite de maíz y que por lo tanto, podría tener aplicaciones semejantes en la alimentación humana y animal. En 1979, Cigala (Ramírez, 1981), comparó las propiedades del aceite de semilla de tuna con las de los aceites de soya y cártamo, recomendando también su utilización.

Tabla 23. Análisis de Semilla de *O. streptacantha leimare* (Tuna Cardona) y *O. ficus indica* (Tuna de Castilla), % Base Húmeda

Análisis	Cardona ¹	Castilla ²	Castilla ³
Humedad	60.992	3.71	5.3
Proteínas	5.664	5.00	16.6
Extracto etéreo	3.26	5.25	17.2
Fibra cruda	21.089	56.44	49.6
Cenizas	0.182	1.43	3.0

Datos obtenidos de: Escamilla et. al., 1977¹, Shaheen, 1980-b²; Sawaya, 1983-a³.

En cuanto a la cáscara de la tuna, actualmente únicamente se usa para enriquecimiento de forraje. Sacarle provecho sería muy importante debido al alto porcentaje que representa.

Tabla 24. Análisis de Cáscara de Tuna Cardona. Fuente: Escamilla et.al., 1977

Análisis	% Base Húmeda
Humedad	85.470
Proteínas	.550
Extracto etéreo	.066
Fibra cruda	2.234
Cenizas	2.420
Acidez como cítrico	0.729
Reductores totales	8.490
Reductores directos	2.648
Reductores indirectos	5.842
E.L.N.	0.283
pH	4.7

Algunos autores han propuesto usar la cáscara separada de la pulpa para la obtención de pectina. Sin embargo, en 1977, Escamilla y colaboradores estudiaron la posibilidad de extracción y uso de pectina a partir de la tuna Cardona, concluyendo que se trataba de un proyecto no viable, debido a que el contenido de pectina resultó no ser importante en la cáscara, y mucho menos en la pulpa, además de que sus características no favorecían su aplicación industrial, ya que se trata de pectinas con un bajo índice de metoxilo (lo cual dificulta su solubilización en agua), y con una baja fuerza de gelificación.

Forni y colaboradores (1994), realizaron un estudio semejante con cáscara de *O. ficus indica*. El rendimiento obtenido y el grado de metoxilación (10%) resultaron también muy bajos (Las pectinas comerciales presentan grados de metoxilación de 20 a 50%). Sin embargo, la composición química es semejante a la de los poligalacturónidos reportados para mucílagos de otras cactáceas, por lo que los autores recomiendan evaluar la posibilidad de darle aplicaciones similares, por ejemplo, en preparaciones cosméticas y farmacéuticas.

Tabla 25. Contenidos de Pectina (porcentaje en base húmeda)

<i>Origen</i>	<i>Pectina g / 100 g</i>
Cáscara de limón	0.508 ¹
Cáscara de manzana	0.410 ¹
Cáscara de tuna (<i>O. ficus indica</i>)	0.120 ²

Fuente: Cesalpinia en Forni y colaboradores, 1994 ¹, Forni y colaboradores, 1994 ².

Las gomas son exudados producidos como una particularidad de muchas plantas. Las gomas que exudan las cactáceas son comestibles. Los mucílagos son sustancias análogas a las gomas, pero a diferencia de éstas, los mucílagos están contenidos de manera natural dentro de las grandes células vesiculares de los parénquimas y son productos naturales del metabolismo normal, con función de reserva energética y en las plantas suculentas, funcionan como retenedores de agua. Debido a que la cáscara de la tuna es una cierta modificación morfológica del tallo, una especie de extensión, la cáscara es rica en mucílago. La cáscara de la tuna tiene, además, un alto contenido de sacarosa.

Los desarrollos de productos y aditivos para aprovechar la tuna han buscado diversas alternativas. En Sudáfrica, Joubert (1993) evaluó distintas condiciones para conservar tunas peladas en almíbar. En Arabia Saudita, Ewaidah y Hassan (1992) obtuvieron obleas de tuna deshidratada, aplicando un método de preservación tradicional en su país para el chabacano (Teen-Eddin). En México, Rentería (1994) desarrolló una jalea y una gelatina de tuna.

La obtención de colorantes naturales a partir de las tunas rojas y púrpuras ha llamado la atención especialmente en el extranjero. Herrera (1982) llevó a cabo preparaciones con jugo de tuna estabilizadas y secadas, de modo que estas pudieran ser utilizadas directamente como agentes colorantes y presentó un diseño con el fin de observar los posibles cambios en las propiedades colorantes y evaluar la aplicación como posible aditivo natural en la industria alimenticia. Krifa y colaboradores (1994), reportaron la obtención de un colorante púrpura obtenido a partir de extracción de frutas de *O. stricta*, el cual no presentó toxicidad en pruebas con ratones. Como otros colorantes naturales, los colorantes obtenidos a partir de tuna presentan una estabilidad limitada frente al calor y a la luz, pero en general, todos los autores concluyen que es factible utilizarlos en alimentos.

La tuna es un medio de cultivo, por su alto contenido de azúcares y su elevado pH. Estas características han sido aprovechadas para el desarrollo intencional de microorganismos y aplicaciones biotecnológicas. Dentro de los ejemplos más recientes se encuentra la producción de aceite microbiano con características semejantes al aceite de palma, mediante la fermentación de jugo de tuna por *Cryptococcus curvatus* (Hassan et. al. 1994), o el estudio de condiciones para la producción de pigmentos rojos mediante el crecimiento de *Monascus purpureus* en jugo de tuna (Hamdi et. al. 1996).

Así como para la pulpa y jugo se han encontrado aplicaciones biotecnológicas, para la cáscara también existen algunos trabajos. Flores y colaboradores (1994) investigaron la producción de ácido cítrico mediante fermentación de la cáscara de tuna con *Aspergillus niger*, concluyendo en base al rendimiento y los resultados obtenidos que se trata de un proyecto económicamente factible.

Otro subproducto o alternativa de explotación derivada de la industrialización de la tuna, es el nopal como verdura. Aunque es menos rentable que la tuna (Ibarra, 1994), en las temporadas de recuperación del cultivo se puede obtener producción de nopal para verdura, con todo el potencial que esto implica, pues aparte de ser un elemento propio de la gastronomía mexicana, al nopal se le han encontrado propiedades benéficas especialmente en tratamientos para disminuir colesterol y glicemia en ciertos casos de diabetes (Chávez, 1999) propiedades que se pueden explotar sobretodo en el mercado extranjero, donde parece haber más conciencia y sensibilidad frente a las propiedades de un vegetal exótico para ellos. Cuando se comercializa como verdura, el nopal debe venderse en los siguientes tres días de su cosecha. Su producción dura todo el año, con temporada especial en abril y mayo. Es necesario decidir el tipo de producción al que se destinará la planta, si se decide por la producción de verdura se tiende a evitar la ramificación de las plantas para evitar el cambio al sistema frutícola, pues la producción de frutos es perjudicial para la producción de cladodios, disminuyéndola considerablemente (Castañeda, 1986).

CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

De los desarrollos de bebidas a base de tuna, la mayoría se han enfocado principalmente a la obtención y preservación de jugo de tuna, y en específico, de tuna cardona. Los primeros trabajos, efectuados en su mayoría en México, presentan en general deficiencias en cuanto a su diseño experimental, evaluación sensorial y evaluación de vida de anaquel. Prácticamente todos aseguran haber obtenido un producto con un perfil muy agradable, cuestión que en base a estudios más recientes sobre la acidificación y tratamiento térmico adecuados para el jugo de tuna, deben reconsiderarse. También reportan la obtención de productos estables, pero sin documentar cómo llegaron a esta conclusión. Es de notarse como Espinosa y colaboradores (1973), a pesar de haber probado condiciones semejantes a los demás trabajos, reportaron que no lograron obtener un producto estable. En cuanto a los concentrados, sólo se cuenta con dos propuestas enfocadas a la obtención de bebidas; las de Bejarano (1973) y Escamilla et. al. (1977), que proporcionan muy poca información y cuya aplicación se evaluó de manera incompleta. Los trabajos más actuales realizados principalmente en Chile para concentrados y sus reconstituídos, consideran una evaluación muy detallada y ordenada para todas las condiciones de proceso y preservación.

Con respecto al resto de las bebidas, el número de desarrollos es muy bajo, especialmente de propuestas a nivel experimental. En el caso de refrescos y bebidas listos para beber sólo encontramos la propuesta de Bejarano con múltiples deficiencias en su desarrollo experimental y documentación. Para las bases de preparación en polvo únicamente existe la propuesta de Rentería, que en realidad corresponde a la obtención del deshidratado del jugo. Valdría la pena aprovechar este deshidratado en la elaboración de una base en polvo, aprovechando el desarrollo actual de sabores de tuna y otros aditivos e ingredientes. Prácticamente no se han desarrollado jarabes como producto terminado.

En todos los trabajos falta escalar a planta la experiencia del laboratorio, determinar rendimientos, condiciones de operación y afinar a este nivel operaciones como la filtración, pasteurización, concentración, deshidratación, etc.

VI CONCLUSIONES GENERALES

En esta investigación, se confirmó que el mercado de bebidas y sus bases de preparación, en especial los jugos y néctares, constituyen un mercado importante tanto en nuestro país como a nivel mundial, con una necesidad continua de innovación.

En México, la tuna es un elemento con gran arraigo en la cultura de la región árida y semiárida central, que se comercializa en los mercados más importantes del país. Sin embargo, aproximadamente la mitad de la producción nacional se encuentra subutilizada, por lo que resulta importante evaluar de qué manera se podría aprovechar. Una posibilidad, es considerarla como una opción para el mercado de bebidas de fruta, incursionando con un elemento original en el mercado internacional.

Se localizaron distintos trabajos de desarrollo de bebidas a base de tuna, así como otras aplicaciones y trabajos de diseño de plantas productoras y administración de las mismas; sin embargo, en general, para los desarrollos tecnológicos de nuevos productos, la bibliografía es escasa, detectándose además una falta de continuidad, relación y organización entre las líneas de investigación así como numerosas carencias tanto de naturaleza técnica, como de investigación de mercados y evaluación financiera.

Para los trabajos hechos en México respecto a bebidas a base de tuna, se encontraron más que aciertos, deficiencias muy importantes, las cuales se refieren a continuación:

- No se tienen investigaciones sobre la demanda de los productos desarrollados.
- El criterio prevaleciente es el de obtención del producto, sin evaluar objetivamente como se ve afectado su perfil sensorial por las condiciones propuestas, las cuales son parámetros generales y no tecnología establecida en función de las características específicas de la tuna. Ningún trabajo reporta una evaluación sensorial formal.

Conclusiones Generales

- No se consideran estudios ordenados y completos sobre la estabilidad de los productos. Ningún trabajo reportó un estudio de vida de anaquel.
- Hay muy pocos desarrollos experimentales y ninguno escalado a nivel planta.
- Falta trabajo enfocado a la evaluación de las distintas variedades comerciales del país, y sus ventajas y desventajas para la industrialización. Prácticamente, todos los desarrollos de bebidas a base de tuna eligieron a la tuna cardona como materia prima, debido al atractivo de su colorido, pero en base a la información recabada la tuna blanca (Reyna o Alfajayucan), presenta mejores características para ser procesada, especialmente en lo que a rendimiento se refiere.
- La producción de jugo es el desarrollo que más atención ha recibido, y aún así, quedan muchos aspectos por completar y mejorar, sobretodo respecto a la actualización de las condiciones de procesamiento térmico y envasado, ya que se trata de condiciones muy drásticas y evaluaciones incompletas, en donde la más reciente con este objetivo se realizó en 1973 (Paredes y Rojo).
- El campo de las bebidas con cierto porcentaje de tuna, y las bases de preparación, son opciones prácticamente sin explotar. Bejarano (1973) y Rentería (1994) trataron de incursionar en este campo, aunque sin resultados completos y exitosos.

Todas estas razones, aunadas a la falta de vinculación de la investigación realizada por las universidades con las necesidades de la industria, se han traducido en la falta de aplicación de los proyectos, de forma que hasta el momento, no se ha planteado con seriedad la posibilidad de industrializar la tuna en bebidas de fruta.

Actualmente, la poca investigación que se realiza para industrializarla ya considera estudios sensoriales y de anaquel ordenados y confiables, así como los avances tecnológicos existentes, aunque desafortunadamente, las publicaciones recientes provienen de otros países y no del nuestro, a pesar de contar con una producción y variedades sin comparación a nivel mundial. La participación de profesionistas mexicanos

con formación en el área de alimentos junto con otros especialistas podría colaborar para cubrir todas estas deficiencias y para explorar nuevas alternativas en el país donde primero que en cualquier otro, debería evaluarse la posibilidad de obtener beneficios de esta fruta.

La propuesta de esta tesis es retomar un tema, que no se puede dar por agotado cuando su evaluación promedio se realizó en el país en la década de los setentas, con muy pocos desarrollos (aproximadamente 6 proyectos nacionales con este objetivo), con múltiples deficiencias, aislados y desordenados en su mayoría.

No podemos concluir sobre la viabilidad del proyecto mientras no se cubran las necesidades desglosadas y se tengan fundamentos formales para descartarlo o impulsarlo, para lo cual, es necesario:

- Ampliar la información que se tiene sobre la demanda de las distintas variedades de tuna en los mercados tradicionales y explorar su posible aceptación en nuevos mercados, incluyendo el extranjero.
- Comparar la situación económica que se deriva del cultivo de la tuna en contraste con la situación de otras frutas con las que competiría para la producción de bebidas.
- Realizar un estudio de mercado que evalúe las posibilidades de los conceptos de bebidas a base de tuna como un proyecto atractivo para los consumidores de bebidas de fruta.
- Evaluar la factibilidad técnica y financiera de los proyectos ganadores.
- Desarrollar los conceptos elegidos considerando evaluaciones de materia prima, aplicación de tecnología actualizada, diseños experimentales ordenados, evaluaciones sensoriales y evaluaciones de vida de anaquel formales.
- Conducir estudios de mercado y financieros concluyentes sobre las posibilidades de éxito de los desarrollos.

Finalmente, se debe considerar que la tuna es un recurso subutilizado que vale la pena evaluar, tanto por su originalidad como porque permitiría desarrollar una opción para las zonas áridas y semiáridas, que por su extensión y falta de desarrollo económico constituyen un punto de atención importante para nuestro país. Un recurso con características “muy mexicanas”.

VII BIBLIOGRAFÍA

Abarca M.E. 1971. **Estudio de la Tuna para su Industrialización.** Tesis Ingeniero Químico. Escuela de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Puebla

Alvarado A. 1978. **Análisis Microbiológico de la Tuna.** Tesis Químico Fármaco Biólogo. Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

Askar A. y El-Samahy S.K. 1981. **Chemical composition of prickly pear fruits (Composición química de tunas).** Deutsche-Lebensmittel-Rundschau 77 (8) 279-281

BANCOMEXT, Banco Mexicano de Comercio Exterior 1998-a. **BANCOMEXT Trade Directory of México 1998**

BANCOMEXT, Banco Mexicano de Comercio Exterior 1998-b. **Base de Datos BANCOMEXT**

Barbera G., Carimi F., Inglese P. y Panno M. 1992. **Physical, morphological and chemical changes during fruit development and ripening in three cultivars of prickly pear, *Opuntia ficus indica* (L.) Miller (Cambios físicos, morfológicos y químicos durante el desarrollo y maduración de tres cultivos de tuna, *Opuntia ficus indica* (L.) Miller).** Journal of Horticultural Science; 67 (3) 307-312

Bejarano A. 1973. **Anteproyecto de una planta para la elaboración de una bebida enlatada hecha a partir de tuna.** Tesis Ingeniero Químico. Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

Cabrera C.L. 1995. **Caracterización de Goma y Mucílago de Nopal (Opuntia tomentosa) por Cromatografía de Gases**. Tesis Licenciado en Química. Escuela de Ciencias Químicas, Universidad La Salle

CANAINCA Cámara Nacional de la Industria de Conservas Alimenticias 1998. **Jugos y Néctares. Evolución y Perspectivas**. Conservas, Organo Informativo de la Cámara Nacional de la Industria de Conservas Alimenticias; 9(26)21-22

Candelario J. 1993. **La tuna: fruta que ofrece mucho más que ahuates y semillas**. Cuadernos de Nutrición; 16 (4) 10-15

Candelario J., Pérez G. 1994. **Reyna (syn. Alfajayucan) is the leading cactus pear cultivar in central Mexico (Reyna (syn. Alfajayucan) es el cultivo de nopal tunero líder en México Central)**. Fruit-Varieties Journal; 48 (3) 134-136

Carrera S.J. 1986. **Evaluación de la Clarificación del Jugo de Tuna por medio de la Filtración**. Tesis Ingeniero en Alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México

Castañeda A. D. 1986. **Sistema de producción agrícola del nopal para verdura (Ficus Indica) en Milpa Alta**. Tesis Licenciado en Biología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México

Cesare L.F. y Nani R. 1992. **Analyse der fluechtigen Inhaltsstoffe in Kaktusfeigensaft (Opuntia ficus indica var. Fructa sanguineo) (Análisis de los constituyentes volátiles del jugo de tuna (Opuntia ficus indica var. Fructa sanguineo))**. Fluessiges-Obst; 59 (1) 12-14

Cesare L.F. di, Testoni A., Sansovini G. 1993. **Studio sui volatili della frutta della fico d'India durante il suo deposito su condizioni abituali e d'atmosfera controllate (Estudio sobre los volátiles de la fruta de la tuna durante su almacenamiento bajo condiciones normales y de atmósferas controladas)** Industrie Alimentaria; 32 (317) 725-730,733

Chávez A. 1999 **El Nopal: Aporte mexicano a los alimentos funcionales**. ILSI, International Life Sciences Institute. Seminario 15 de julio de 1999: Alimentos funcionales, marco de referencia; memorias

Codex Alimentarius 1989. **Normas del Codex para Zumos (Jugos) de Fruta, Zumos (Jugos) Concentrados de Fruta, Néctares de Fruta**. Suplemento 4 al Volumen X. Primera Edición. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; Organización Mundial de la Salud

Coen A. 1993. **La ingrata fortuna del nopal**. Cuadernos de Nutrición; 16 (4) 6-7

Colín M. 2 de diciembre de 1998. **Subutilizada más del cincuenta por ciento de la producción nacional de tuna**. El Financiero, Sección agroindustria. Página 23-A

Córdoba B., López G. 1986. **Proyecto para la instalación de una planta procesadora de pulpas de guanabana, mango y plátano en el Edo. de Colima**. Tesis Ingeniero en Alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México

Cruz P. 1982. **La Influencia del Cladodio Aislado en la Conservación de la Tuna (Opuntia Amyclaea Tenore)**. Tesis Ingeniero Agrícola. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México

Escamilla L., Reyes, Varela, 1977. **Proyecto para la Industrialización de la Tuna**. Tesis Químico Fármaco Biólogo. Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

Espinosa A.J., Borrocal A.R., Jara M., Zorilla G.C., Zanabria P.C., Medina T.J. 1973. **Quelques propriétés et essais préliminaires de conservation des fruits et du jus de figue de barbarie (*Opuntia ficus indica*) (Algunas propiedades químicas y juicios preliminares en la preservación de la fruta y jugo de Tuna (*Opuntia ficus indica*)).** Fruits; 28 (4) 285-287

Ewaidah y Hassan 1992. **Prickly pear sheets: a new fruit product (Obleas de Tuna: Un nuevo producto a base de fruta)**. International Journal of Food Science and Technology ; 27 (3) 353-358

Flath R.A. y Takahashi J.M. 1978. **Volatile constituents of prickly pear, *Opuntia ficus indica* Mill., de Castilla variety (Constituyentes volátiles de la tuna, *Opuntia ficus indica* Mill., variedad de Castilla)** Journal of Agricultural and Food Chemistry; 26 (4) 835-837

Flores J.L., Gutiérrez C.M., Tengerdy R.P. 1994. **Citric acid production by solid state fermentation of prickly pear peel with *Aspergillus niger* (Producción de Acido Cítrico mediante Fermentación de Estado Sólido de Cáscara de Tuna con *Aspergillus niger*).** Agro-Food Industry hi-tech; 5 (1) 18-20

Forni E., Penci M., Polesello A. 1994 **A preliminary characterization of some pectins from quince fruit (*cydonia oblonga* Mill.) and prickly pear (*Opuntia ficus indica*) peel (Caracterización preliminar de algunas pectinas de cáscara de membrillo (*Cydonia oblonga*-Mill.) y tuna (*Opuntia ficus indica*)).** Carbohydrate Polymers; 23 (4) 231-234

García A. 1992. **Elaboración de Jugo de Tuna**. Tesis Ingeniero en Alimentos, Universidad Autónoma Metropolitana

Hamdi M., Blanc P.J., Goma,G. 1996. **Effect of aeration conditions on the production of red pigments by Monascus purpureus growth on prickly pear juice** (Efecto de las condiciones de aereación en la producción de pigmentos rojos del crecimiento de Monascus purpureus en Jugo de Tuna) *Process Biochemistry*, 31 (6) 543-547

Hassan M., Blanc P.J., Pareilleux A. y Goma G. 1994. **Production of single-cell oil from prickly-pear juice fermentation by Cryptococcus curvatus grown in batch culture** (Producción de aceite unicelular a partir de la fermentación de jugo de Tuna por Cryptococcus curvatus en un cultivo tipo batch) *World Journal of Microbiology and Biotechnology*; 10 (5) 534-537

Helguera L.I. 1998. **Exportación de Congelados. La empresa chilena Alimentos y Frutos aplica alta tecnología**. *Alimentos Procesados*, (5)38

Herrera 1982. **Propiedades Colorantes del jugo de la Tuna en líquido y en polvo**. Tesis Químico Fármaco Biólogo. Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

Ibarra E. 1994. **La Explotación Comercial del Nopal Tunero (Opuntia amyclaea alfajayucan) como fuente de desarrollo en las zonas de temporal deficiente** Tesis Licenciado en Planificación para el Desarrollo Agropecuario. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón, Universidad Nacional Autónoma de México

Industria Alimenticia 1996. **La Industria Alimenticia de América Latina. Bebidas**. Reportaje Especial, *Industria Alimenticia*; 7 (12) 54-58

Joubert E. 1993. **Processing of the fruit of five prickly pear cultivars grown in South Africa (Procesamiento de la fruta de cinco cultivos de tuna cultivados en Sudáfrica)** International Journal of Food Science and Technology; 28 (4) 377-387

Krifa M., Villet A., Krifa F. y Alary J. 1993. **Huile de grain de figue de barbarie. Étude de su composition (Aceite de semilla de tuna. Estudio de su composición)** Annales des Falsifications de l'Expertise Chimique et Toxicologique ; 86 (918) 161-174

Krifa F., Villet A., Roussel A.M., Alary J. 1994. **Nouveau colorant naturel obtenu de *Opuntia stricta* (Nuevo colorante natural extraído a partir de *Opuntia stricta*).** Annales des Falsifications de l'Expertise Chimique et Toxicologique; 87 (928) 183-192

Kuti J.O. 1992. **Growth and compositional changes during the development of prickly pear fruit (Crecimiento y cambios en composición durante el desarrollo de la tuna)** Journal of Horticultural Science; 67 (6) 861-868

Kuti J.O. y Galloway C.M. 1994 **Sugar composition and invertase activity in prickly pear fruit (Composición de azúcares y actividad de invertasa en tuna)** Journal of Food Science; 59 (2) 387-388, 393

Lakshminarayana S., Estrella I.B. 1978. **Postharvest respiratory behaviour of tuna (prickly pear) fruit (*Opuntia robusta* Mill) (Comportamiento respiratorio postcosecha de la tuna (*Opuntia robusta* Mill))** Journal of Horticultural Science; 53 (4) 327-330.

Moreno M.A., Alvarado y Sosa L., Lakshminarayana S., 1979. **Preharvest respiratory trend of the fruit of prickly pear (*Opuntia amyclaea* T.)** (Comportamiento respiratorio precosecha de la tuna (*Opuntia amyclaea* T.)). Proceedings of the Florida State Horticultural Society; 92, 235-237.

Nerd A., Karady A., Mizrahi Y. 1991. **Out of season prickly pear: fruit characteristics and efect of fertilization and short droughts on productivity** (Producción de tuna fuera de temporada: características y efecto de la fertilización y cortos períodos de riego sobre la productividad) HortScience; 26 (5) 527-529

Norma Mexicana NMX-FF-030-1995-SCFI. **Productos Alimenticios No Industrializados para uso humano. Fruta fresca. Tuna (*Opuntia spp*).** Especificaciones. SECOFI, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Dirección General de Normas.

Norma Oficial Mexicana NOM-F-439-1982 (Norma de referencia) **Alimentos. Bebidas no alcohólicas. Bebidas y refrescos. Clasificación y sus definiciones.** SECOFI, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Dirección General de Normas.

Orta, A. 1977 **Anteproyecto de una planta deshidratadora de Jugo de Tuna** Tesis Ingeniero Químico. Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

Paredes O. y Rojo R. 1973. **Estudio para el enlatado de Jugo de Tuna.** Tecnología de Alimentos 8 (5) 237-240

Pelayo C., Siade G. 1975. **Preservación de Tuna y Melón con Emulsiones de Cera de Candelilla** Tesis Químico Fármaco Biólogo. Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

Ramírez G. 1981. **Perspectivas de la Utilización del Nopal y la Tuna.** Tesis Químico Fármaco Biólogo. Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

Rentería L. H. 1994. **Desarrollo de tecnologías para la utilización de la tuna blanca (*Opuntia ficus indica*)** Tesis Químico Fármaco Biólogo. Escuela de Química, Universidad La Salle

Robles C. S. 1996. **Anteproyecto de Norma de Calidad para Bebidas Refrescantes Deshidratadas** Tesis Química en Alimentos. Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

Rodríguez D. M. 1988. **Alternativas Tecnológicas en la elaboración de jugos y bebidas de frutas.** Tesis Químico Fármaco Biólogo. Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

Sáenz C y Costell. E 1990 **Rheology of Prickly Pear (*Opuntia ficus indica*) Concentrated Juices (Reología de jugos concentrados de tuna (*Opuntia ficus indica*))** W.E.L. Spiess and H. Schubert (Eds). Engineering and Food. Vol. 1: Physical Properties and Process Control. Essex: Elsevier Applied Science, pp. 133-142.

Sáenz C., Sepúlveda E., Araya E., Calvo C. 1993. **Colour Changes in Concentrated Juices of Prickly Pear (*Opuntia ficus indica*) During Storage at Different Temperatures (Cambios de color en jugos concentrados de tuna (*Opuntia ficus indica*) durante su almacenamiento a diferentes temperaturas)** Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie; 26 (5) 417-421

SAGAR, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural 1994 **Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos**. Subsecretaría de Planeación; Dirección General de Información Agropecuaria, Forestal y de Fauna Silvestre

SAGAR, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural 1995 **Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos**. Subsecretaría de Planeación; Centro de Estadística Agropecuaria

SAGAR, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural 1996 **Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos**. Subsecretaría de Planeación; Centro de Estadística Agropecuaria

SARH, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos 1980 **Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos**. Subsecretaría de Agricultura y Operación; Dirección General de Economía Agrícola

SARH, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1981 **Perspectivas de la Utilización del Nopal y la Tuna**; Servicios Agrícolas integrados en el Edo. de México; pág 31-46

SARH, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos 1985. **Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos**. Subsecretaría de Agricultura y Operación; Dirección General de Estudios, Información y Estadística Sectorial

SARH, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos 1990. **Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos**. Subsecretaría de Planeación; Dirección General de Estadística

Sawaya W.N., Khalil J.K. y Al-Mohammad M.M., 1983-a **Nutritive value of prickly pear seeds, Opuntia ficus indica (Valor nutritivo de las semillas de Tuna, Opuntia ficus indica)** Qualitas Plantarum Plant Foods for Human Nutrition; 33 (1) 91-97

Sawaya W.N. y Khan P. 1982 **Chemical characterization of prickly pear seed oil, Opuntia ficus indica (Caracterización química del aceite de semillas de tuna, Opuntia ficus indica)**; Journal of Food Science; 47 (6) 2060-2061.

Sawaya W.N., Knatchadourian H.A., Safi W.M., Al-Muhammad H.M. 1983-b **Chemical characterization of prickly pear pulp, Opuntia ficus indica, and the manufacturing of prickly pear jam (Caracterización química de la pulpa de tuna, Opuntia ficus indica, y la manufactura de mermelada de tuna)** Journal of Food Technology; 18 (2) 183-193

Secretaría de Salud 1988. **Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios**

Sepúlveda y Sáenz 1988. **Procesamiento de Tuna (Opuntia ficus indica). Aceite de semillas.** Alimentos; 13 (1) 35-38.

Shaheen A., Hashem H.A., Radhwan H.M., 1980-a. **Chemical and physical properties of prickly pear seed oil (Propiedades físicas y químicas del aceite de semilla de tuna)** Mesopotamia Journal of Agriculture; 15 (2) 143-150

Shaheen A., Hashem H.A., Radhwan H.M. 1980-b. **The chemical composition of prickly pear seeds (La composición química de las semillas de tuna)** Mesopotamia Journal of Agriculture ; 15 (2) 135-141

Sortwell D. 1995. **Conservadores para Bebidas** Asociación Nacional de Tecnólogos en Alimentos de México, A.C. Tecnología de Alimentos 30 (4) 33-36.

Vega R. 1994. **Anteproyecto para la Clasificación de Bebidas de Acuerdo a su contenido de Jugo o Pulpa**. Tesis Químico Fármaco Biólogo. Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

Velázquez H. A., García R. 1985. **Obtención de Jarabes de Tuna Blanca y su uso como potencial energético**. Tesis Licenciado en Química. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México

Verti S. 7 de enero de 1995 **...Aunque no tenga tunas** El Heraldo de México Página 6-F

Villareal F., Alva B. y Romero G. 1964. **Estudio Químico sobre jugos de tunas enlatadas**. Ciencia 23 (2) 75-82

Villegas M. 1995 **El Nopal como alimento tradicional mexicano**. Cuadernos de Nutrición 18(3)14-19