

**CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION
CHILE**

CF97i
7217
c.1

UNIDAD DE DOCUMENTACION			
Registro	<input checked="" type="checkbox"/>	Circulación	<input checked="" type="checkbox"/>
Catálogo	<input checked="" type="checkbox"/>	Indización	<input checked="" type="checkbox"/>
Ingreso BD	<input checked="" type="checkbox"/>	Marbete	<input checked="" type="checkbox"/>



Industrialización de la Tuna

FDP 89/65

PATROCINADOR: GUSTAVO GONZALEZ TORREJON

EJECUTOR : INTEC - CHILE

19 MAY 1993

(5029)

PROLOGO

El presente estudio ha sido ejecutado bajo el esquema de financiamiento otorgado por el Fondo de Desarrollo Productivo (F.D.P.). Este es un mecanismo creado por la Corporación de Fomento de la Producción destinado a fomentar las acciones de desarrollo, investigación e innovación tecnológica que llevan a cabo los sectores productivos privados, mediante el otorgamiento de un subsidio que cubre parte del costo de estas acciones.

Con ello se incentiva además el desarrollo de la capacidad de investigación, a la vez que se incrementa el contacto y la cooperación entre centros y personal de investigación y los sectores productivos.

Con este sistema se busca impulsar la adopción de tecnologías necesarias para mantener a las empresas productivas nacionales en un adecuado nivel de competencia en los exigentes mercados actuales.

El Fondo de Desarrollo Productivo opera a través de un comité integrado por siete miembros - la mayoría del sector privado - que es el encargado de seleccionar los estudios y proyectos que recibirán el subsidio, para lo cual, convoca periódicamente a concurso nacional de proyectos al que se pueden presentar todos los estudios que tengan un grado adecuado de viabilidad técnica; cuyos resultados sean directamente aplicables a mejorar un proceso productivo existente o a crear uno nuevo; que cuenten con un ejecutor idóneo según la materia de que se trate y que posean un patrocinador que sea usuario real de los resultados potenciales.

El presente documento corresponde al informe final de uno de los proyectos seleccionados por el Fondo de Desarrollo Productivo, que la Gerencia de Desarrollo de CORFO entrega para conocimiento y utilización de los sectores productivos nacionales.

PROLOGO

El presente estudio se realizó en el marco de las actividades de investigación del Fondo de Desarrollo Productivo (FONPRO) en el sector agropecuario y agroindustrial, con el propósito de contribuir al conocimiento de la situación actual de los productores agropecuarios y agroindustriales en el país, así como de identificar las principales limitaciones que enfrentan en sus actividades productivas.

El estudio se realizó en el marco de las actividades de investigación del FONPRO, con el propósito de contribuir al conocimiento de la situación actual de los productores agropecuarios y agroindustriales en el país, así como de identificar las principales limitaciones que enfrentan en sus actividades productivas.

El estudio se realizó en el marco de las actividades de investigación del FONPRO, con el propósito de contribuir al conocimiento de la situación actual de los productores agropecuarios y agroindustriales en el país, así como de identificar las principales limitaciones que enfrentan en sus actividades productivas.

El Fondo de Desarrollo Productivo (FONPRO) tiene el fin de contribuir al desarrollo del sector agropecuario y agroindustrial, a través de la ejecución de proyectos de inversión que permitan mejorar la productividad y competitividad de los productores agropecuarios y agroindustriales. El FONPRO opera a través de la ejecución de proyectos de inversión que permitan mejorar la productividad y competitividad de los productores agropecuarios y agroindustriales.

El presente documento corresponde al primer informe de avance de las actividades de investigación del FONPRO en el sector agropecuario y agroindustrial, con el propósito de contribuir al conocimiento de la situación actual de los productores agropecuarios y agroindustriales en el país, así como de identificar las principales limitaciones que enfrentan en sus actividades productivas.

I N D I C E

	<u>Pág.</u>
1. OBJETIVOS.....	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO.....	4
3. INTRODUCCION.....	8
3.1. Antecedentes generales.....	8
3.2. Antecedentes bibliográficos.....	10
3.2.1. Generalidades botánicas.....	10
3.2.2. Variedades.....	11
3.2.3. Distribución geográfica.....	11
3.2.4. Cosecha y comercialización.....	12
3.2.5. Composición química del fruto.....	13
3.2.6. Alternativas de industrialización.....	19
4. DISEÑO Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	22
4.1. Metodología Etapa 1.....	22
4.2. Metodología Etapa 2.....	23
4.3. Metodología Etapa 3.....	25
4.4. Metodología Etapa 4.....	25
4.5. Equipos y materiales usados.....	26
5. RESULTADOS.....	29
5.1. Resultados Etapa 1.....	29
5.1.1. Caracterización de la materia prima.....	29
5.1.2. Estudio de remoción de la cutícula.....	37
5.1.3. Pruebas de elaboración de jugos.....	46

	<u>Pág.</u>
5.2. Resultados Etapa 2.....	53
5.2.1. Modificaciones a la remoción química....	53
5.2.2. Rendimiento de prensado/pulpa.....	54
5.2.3. Jugo pulposo más mucílago.....	56
5.2.4. Estabilidad de jugo de tunas.....	57
5.3. Resultados Etapa 3.....	58
5.4. Resultados Etapa 4.....	59
5.4.1. Aprovechamiento de la semilla.....	59
5.4.2. Aprovechamiento de la paleta.....	61
6. DISCUSION DE RESULTADOS.....	65
6.1. Análisis de la materia prima.....	65
6.1.1. Rendimientos.....	65
6.1.2. Características químicas.....	65
6.1.3. Análisis de la semilla y paleta de tuna.	67
6.1.4. Resultados de los ensayos.....	67
6.2. Rendimiento de pulpa prensada.....	72
6.2.1. Jugo concentrado pulposo más mucílago....	72
6.3. Prueba industrial.....	75
6.3.1. Consideraciones generales.....	75
6.3.2. Consideraciones operacionales.....	75
6.3.3. Producto obtenido.....	78
6.4. Análisis del aceite de semilla de tuna.....	79
6.5. Aprovechamiento de la paleta	80
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	86

9. ANEXOS.....	90
ANEXO I : PROCEDIMIENTO ETAPA 1	
ANEXO II : PROCESAMIENTO (LABORATORIO/PLANTA PILOTO). ETAPA 2 TRATAMIENTOS DE ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO DEL JUGO CONCENTRADO PULPOSO MAS MUCILAGO. METODOLOGIA EVALUACION SENSORIAL JUGOS CONCENTRADOS DE TUNA PULPOSOS MAS MUCILAGO	
ANEXO III : PROCESAMIENTO (INDUSTRIAL) ETAPA 3	
ANEXO IV : PROCESAMIENTO (SUB-PRODUCTO) ETAPA 4 PROCEDIMIENTO ELABORACION FRUTA CONFITADA	

INDUSTRIALIZACION DE LA TUNA

(OPUNTIA FICUS INDICA)

1. OBJETIVOS

En este estudio se plantearon los siguientes objetivos:

- 1.1. Recopilar información técnica y evidencia experimental ya sea: a nivel laboratorio, escala piloto, e industrial; para determinar la tecnología de industrialización de la tuna (Opuntia ficus indica) en la forma de jugos concentrados, clarificados y pulposos, orientados hacia mercados de exportación.
- 1.2. Utilización de sub-productos de la industrialización, como es la extracción y caracterización del aceite de pepas. Prospección de alternativas técnicas del uso de la paleta (de la planta) de tuna.

Para cumplir con los objetivos generales descritos, el trabajo desarrollado se diferenció en cuatro etapas principales de estudio:

1. Estudio de pelado del fruto y producción de jugos clarificados y pulposos a escala laboratorio y semi-piloto.
2. Elaboración de jugos concentrados a escala piloto.
3. Prueba de elaboración industrial de jugos concentrados.
4. Obtención, a nivel laboratorio y semi-piloto del aceite de pepas y prospección de información técnica referente a la aplicación industrial de la paleta de la planta de tuna.

En cuanto a los objetivos específicos, para las cuatro etapas señaladas anteriormente, se consideraron los siguientes:

Etapa 1: Estudio de pelado y producción de jugos (laboratorio, semi-piloto)

En esta etapa se planteó como meta:

1. Estudiar las condiciones de pelado de fruta, entendiendo como tal la eliminación de la cutícula externa.
2. Elaborar, a nivel de laboratorio y semi-piloto, jugos concentrados obtenidos a partir de fruta pelada (sin cutícula externa y sin pepas), de fruta con cáscara y de pulpa (sin cáscara) sin pepas.
3. Evaluación sensorial de los jugos descritos en el punto 2.

A la luz de los resultados de esta etapa, se definió el producto final en cuanto a la línea de jugos clarificados y pulposos concentrados, que permitió establecer la metodología de las etapas 2 y 3.

Etapa 2: Evaluación de jugos concentrados a escala piloto

Esta etapa tuvo por objeto escalar a nivel planta piloto la producción de jugos concentrados, con el fin de establecer un flujograma industrial de proceso, tanto clarificado, pulposo y la posterior evaluación de los productos finales.

Los parámetros considerados fueron:

- a. Modificación de las condiciones de pelado en relación a las características del fruto.
- b. Rendimiento de prensado/pulpado en jugo fresco con relación a la fruta.

- c. Rendimiento total de jugos concentrados, con relación a la fruta.
- d. Estabilidad de los productos y su evaluación sensorial.

Durante el desarrollo de esta etapa se planteó la necesidad de incorporar al proyecto "Industrialización de la Tuna" la obtención de jugo concentrado con mucílago a fin de satisfacer el desarrollo de un producto que cumpla características dentro del contexto de lo transado en el Mercado Internacional.

Los objetivos de esta variante a la Etapa 2 son los siguientes:

- Elaborar jugo más mucílago concentrado de tuna a 50º Brix.
- Determinar la estabilidad de este nuevo producto.

Etapa 3. Prueba de elaboración industrial de jugos concentrados

Esta etapa tuvo por objetivo efectuar una prueba industrial de elaboración de jugos concentrados, según las condiciones y parámetros definidos en las etapas 1 y 2, considerando:

- a. Elaboración de jugos en una planta industrial, efectuando una tipificación de las etapas y sus controles.
- b. Control, evaluación de productos y ensayos de estabilidad.

Etapa 4: Utilización industrial de los sub-productos

Esta etapa tuvo como objetivo obtener, a nivel laboratorio y semi-piloto sub-productos de la industrialización de la tuna; especialmente, aceite de pepa. Además, se realizó una prospección de información técnica relativa a las alternativas de uso de la paleta de tuna.

2. RESUMEN DEL PROYECTO

El objetivo general de este proyecto fue el de recopilar información teórica y evidencia experimental a nivel laboratorio y escala piloto e industrial, para determinar la tecnología de industrialización de la tuna (Opuntia ficus indica), vía elaboración de jugos concentrados, clarificados y pulposos, pensando en mercados de exportación.

Se consideró además la obtención de sub-productos como la extracción y caracterización del aceite de pepas y, una prospección de alternativas técnicas del uso de la paleta (de planta) de tuna. El ámbito de trabajo se sitúa a partir de la fruta fresca cosechada.

El trabajo se desarrolló abordando cuatro etapas principales de estudio:

1. Estudio de pelado y producción de jugos clarificados y pulposos a escala laboratorio y semi-piloto.
2. Elaboración de jugos concentrados a escala piloto.
3. Prueba de elaboración industrial de jugos concentrados.
4. Obtención a nivel laboratorio y semi-piloto del aceite de pepas y evaluación técnica de la posibilidad de aplicación industrial de las paletas de la planta de tuna.

Los patrocinantes de este proyecto han sido productores de la Región Metropolitana (Noviciado/Til-Til) que concentra más o menos el 72% de las plantaciones en producción de nuestro país, y una empresa del rubro agroindustrial de procesamiento de frutas.

El grupo estuvo formado por 19 pequeños agricultores, con plantaciones de un promedio de 11,5 Há de tunales, siendo la empresa co-patro-

cinante AGRONA S.A., con su planta de jugos concentrados de Requinoa.

En cuanto a los principales resultados y conclusiones obtenidos en estas etapas se pueden mencionar los siguientes:

2.1. De la fruta

La fruta de tuna se compone, en promedio, de un 63% de cáscara, un 33,85% de pulpa y de un 3,15% de pepas o semillas. Estas cifras indican que la tuna presenta un bajo rendimiento en pulpa, que es el componente con características comestibles y que se usa en la obtención de productos elaborados como mieles, jaleas y jugos naturales. De ahí que en este estudio se plantea el uso de la fruta entera para lograr un mayor rendimiento y su mejor aprovechamiento integral.

En cuanto a las características químicas, se destaca el buen contenido de sólidos solubles (azúcares, medidos en grados Brix), 11,8º Brix para la fruta entera y 13,0º Brix para la pulpa (valores promedio), considerando tunas maduras; la fruta inmadura presenta valores de 6,8º Brix para la fruta entera y 9,4º Brix para la pulpa. Relacionado con la madurez, en cuanto al contenido de sólidos solubles, se tienen los valores de textura, considerando 2,45 lbs para fruta madura y 5,2 lbs para fruta inmadura.

De acuerdo con el pH de la fruta madura (promedio 5,13 - 5,7) y según la clasificación de los alimentos desde el punto de vista microbiológico, la tuna se considera como "alimento de baja acidez" lo cual delimita su conservación tomando en cuenta los posibles tratamientos térmicos a usar para dicho fin.

2.2. De la remoción de la cáscara

De los sistemas estudiados (pelado manual, con soda y con soda más un agente detergente), el que dió mejores resultados en cuanto a eficiencia de pelado y rendimiento fue el pelado con soda con las siguientes condiciones de trabajo:

- temperatura : 96°C
- tiempo : 5 minutos
- concentración de soda : 10,3%

2.3. De los jugos

Durante el desarrollo de esta etapa se elaboraron los siguientes tipos de jugos concentrados a 70° Brix.

- Jugos clarificados, de la fruta sin pelar y pelada
- Jugos pulposos, de fruta sin pelar y pelada
- Pulpa concentrada, de fruta sin pelar y pelada

Durante el desarrollo del proyecto se observó que el jugo concentrado clarificado de tunas pierde su identidad básica lo cual, al reconstituirlo, no permite asociarlo con la fruta original. Por otra parte el jugo pulposo reconstituido tiene una mediana aceptabilidad y características de presentación que hacen difícil asociarlo como un producto derivado de la tuna; aunque de acuerdo con los resultados de análisis sensoriales, de preferencia y aceptabilidad, se concluye que el jugo concentrado se debe obtener a partir de una fruta pelada (sin cutícula) y elaborada en la forma de jugo pulposo.

Atendiendo a que los procedimientos tradicionales de obtención de jugos de frutas no resultaron adecuados para su aplicación a la tuna, se investigó nuevas posibilidades llegando a encontrar un procedimiento que permitió conseguir un producto

adecuado, que tuvo una buena aceptación en pruebas de panel de evaluación sensorial, al lograrse las características que con los procedimientos antes descritos no pudo conseguirse. El factor que fue determinante en las buenas características de este jugo fue la mantención de una alta proporción del mucílago en el jugo, el que los procesos tradicionales eliminan totalmente. El jugo pudo concentrarse por evaporación hasta 55°Brix, puesto que la alta viscosidad que origina la presencia del mucílago no permite alcanzar concentraciones superiores. Para conseguir una buena conservación del jugo concentrado, dado que el pH es superior a 4,5, hubo que agregar ácido cítrico hasta conseguir un pH de 4,0 a 4,1, y adicionar conservantes en proporción, permitida por las normas existentes (sorbato de potasio en 0,1%). La concentración alcanzable del jugo exige que se conserve refrigerado. Se efectuó una prueba industrial en la planta de AGRONA S.A., procesando 18 ton. de tunas obteniendo 2,800 litros de jugo concentrado.

2.4. De los sub-productos

Respecto de las semillas, se determinó la composición de los ácidos grasos del aceite extraído, destacando el alto contenido en ácido linoléico (61,4%), un test de Dreize negativo (no provoca irritación dérmica ya que no es tóxico) y no provoca irritación ocular.

En cuanto a las paletas, se realizaron experiencias de confitado demostrando que esta materia prima presenta buenas aptitudes para usarse como "imitación fruta confitada". Otros posibles usos de la paleta se revisan en los antecedentes bibliográficos, como ser su uso en henificación y en la extracción de mucílagos.

3. INTRODUCCION

3.1. Antecedentes generales

La tuna (Opuntia ficus indica), es originaria de América, encontrándose tanto en el norte como en el sur del continente. Actualmente los principales países que la cultivan y producen son España, Italia, los del Norte de Africa y Chile.

En Chile se cultiva desde Tarapacá hasta el río Maule, concentrándose su explotación en la Zona Central entre Aconcagua y Colchagua. Principalmente se produce en las comunas semi-áridas de la V y VI Regiones y Región Metropolitana (RM). La RM (Til-Til; Noviciado) concentra el 72% de las plantaciones, Aconcagua (Putaendo, Cabildo) un 16% O'Higgins (Doñihue, Mostazal) un 9% y Coquimbo (Punitaqui, Paihuano) un 3%.

Su cultivo, debido a sus grandes condiciones de adaptabilidad y alta eficiencia en el aprovechamiento del agua, la ubica como una buena alternativa para suelos marginales cuyos potenciales agrícolas son escasos, transformándose en una importante fuente de ingresos para la economía rural de zonas que no son aptas para cultivar otras especies con mayores requerimientos.

En 1976 había alrededor de 300 Há plantadas con una producción aproximada de 2.800 ton; en 1982 (Catastro CORFO, 1982) hay 900 Há con una producción estimada de 5.000 toneladas.

Este cultivo representa una interesante fuente de ingresos para la economía de zonas rurales que no disponen de buenos suelos ni precipitaciones adecuadas, por lo que no son aptas para el cultivo de especies con mayores requerimientos.

Las variedades Opuntia ficus indica cultivadas en Chile son cuatro, diferenciándose fundamentalmente por la coloración de la fruta. Las variedades de fruta amarillo y plateado son las más cultivadas, por su mayor productividad y mejor calidad.

La cosecha se efectúa entre los meses de Enero y Abril, concentrándose el mayor volumen en el mes de Marzo; hay una segunda época de cosecha en el año comprendida entre Junio y Agosto. Como índice de cosecha se considera el cambio de coloración de la cáscara y la mayor o menor intensidad del brillo que adquiere la fruta.

La tuna se comercializa casi en su totalidad en el mercado interno. A partir de la temporada 1985 se hicieron envíos a Canadá, Estados Unidos y Arabia Saudita con buenos resultados.

Esta incursión en mercados externos fue realizada con la participación del "packing" implementado en Til-Til, con el auspicio de la Secretaria Regional Ministerial de Agricultura. El valor de la caja de tunas (8,2 kilos) puesta en Nueva York (Febrero 1985) obtuvo un precio de US\$ 10. Los costos de flete y otros fueron entre US\$ 7 y US\$ 8.

La tuna a nivel local se comercializa en cajas o bandejas con un peso neto de 18 kg, clasificados, según tamaño y calidad, es especial (+ 16%), primera (+ 44%) y segunda (+40%).

La tuna, además del consumo en fresco, tiene otras aplicaciones agroindustriales como: jugo natural, jugo concentrado, bebidas y sorbetes, pulpas concentradas, dulces (mermelada, jalea, miel), fruta desecada, fruta confitada, fruta congelada, obtención de alcohol y vinagre, vinos frutosos.

De estas alternativas se piensa que el jugo concentrado es la mejor opción de corto plazo, ya que existe infraestructura disponible para su posible fabricación. Asimismo, el jugo de tuna tiene características sensoriales de muy buena calidad, siendo muy bien considerado por los consumidores locales en cuanto a frescura, sabor y calidad general. Esto, unido al hecho de que existe, en Europa y EE.UU. principalmente, un creciente interés por el consumo de sabores naturales "no tradicionales", que sería específicamente el caso del jugo de tunas, se estima que no existirían problemas de mercado para este jugo concentrado.

Además, como sub-producto de la tuna y de la planta, se pueden tener otras aplicaciones como: paletas tiernas para consumo humano, mucílago, aceite de pepa, piensos y ensilajes, e incluso, anticorrosivos y caucho sintético.

3.2. Antecedentes bibliográficos

El capítulo 8 detalla el índice de citas consultadas y recopiladas durante el desarrollo de este estudio, cuyas referencias se hacen mediante el sistema autor-número correlativo.

3.2.1. Generalidades botánicas

La tuna pertenece a la Familia Cactácea, Género Opuntia, Especie Ficus indica. Su nombre vulgar es variado según la localidad donde se le cultive; de tal modo que se le conoce también como Nopal (México), Chumbera (España), Prickly Pear (Estados Unidos), y Figue de Barbarie (Francia) (9, 11, 13, 16, 17, 24).

Las plantas del género Opuntia presentan tallos suculentos, espinosos, aplanados, llamados paletas o pencas; botánicamente se denominan "Cladodios". Las hojas verdaderas se modifican

en espinas, que se desarrollan en los numerosos nudos de estas paletas (9, 24).

El fruto de la tuna o nopal es una baya ovoidal de consistencia jugosa y carnosa, con pericarpio de textura coriácea, cubierta de pequeños grupos de espinas. La parte comestible es dulce, aromática, mucilagínosa y presenta numerosas semillas uniformes(11).

Las flores son hermafroditas de color amarillo a anaranjado, con numerosos estambres y ovario ínfero uniloculado contiene numerosos óvulos pedicelados. Pueden darse dos épocas de floración: una en Septiembre-Octubre y otra en Marzo-Abril. Transcurren 100 a 120 días entre floración y maduración (9,11, 24).

3.2.2. Variedades

En Chile, las variedades más importantes de la especie Opuntia ficus indica se diferencian entre sí principalmente por la coloración de la fruta, distinguiéndose cuatro variedades básicas:

- variedad de fruta amarilla;
- variedad de fruta plateada o blanca;
- variedad de fruta plateada con pulpa rojiza;
- variedad sin espinas o sin semillas.

Los cultivares más comunes y de mejor productividad y calidad son aquellos de fruta amarilla o plateada(11,24)

3.2.3. Distribución geográfica

El cultivo se extiende, en nuestro país, desde la I a VII Regiones, concentrándose las plantaciones industriales entre la V y la VI Regiones (Aconcagua por el norte, Colchagua por el sur). En la Tabla 1 se presenta la distribución porcentual del cultivo para las localidades que se indican (11, 16, 24).

TABLA 1

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL CULTIVO DE LA TUNA

LOCALIDAD	ZONA	PORCENTAJE
Santiago	Til-Til	72%
	Noviciado	
Aconcagua	Putauendo	16%
	Cabildo	
O'Higgins	Doñihue	9%
	Mostazal	
Coquimbo	Punitaqui	3%
	Paihuaco	

3.2.4. Cosecha y comercialización

La cosecha de la tuna se efectúa entre los meses de Enero y Abril (para la primera floración), concentrándose el mayor volumen en el mes de Marzo; y entre Junio y Agosto (para la segunda floración) (11,17).

Como índice de cosecha se usa el cambio de color en la cáscara: cuando éste pasa del verde claro al verde amarillo significa que los frutos han alcanzado un grado de madurez adecuado (11).

El fruto de la tuna se comercializa casi en su totalidad en el mercado interno. En 1984 se hacen los primeros embarques al exterior

a Estados Unidos (28 ton) y a Canadá (10 ton) con buenos resultados.

La comercialización en nuestro país se realiza en cajas o bandejas de 18 kilos netos, considerándose tres categorías de fruta según su tamaño y calidad a saber: especial, primera y segunda; con una producción promedio de 16%; 44% y 40%, respectivamente (11, 16, 17).

Las limitadas formas de consumo de la tuna hacen que parte de la producción se pierda, ya sea por desconocimiento en el manejo de post-cosecha o por su poca diversidad de alternativas de uso y comercialización (17).

En los demás países donde se cultiva la especie Opuntia ficus indica se hacen referencia a variadas alternativas de uso, especialmente en el ámbito de la agroindustria. Entre las múltiples posibilidades de industrialización se mencionan la obtención de vinagre y alcohol (4); sorbetes, mermeladas, frutas desecadas y confitadas (6,13); néctares, jaleas y jugo (1, 6, 25); obtención de aceites y gomas (5, 14).

3.2.5. Composición química del fruto

Diversos autores se refieren a la composición química de la tuna, especialmente del fruto (2, 7, 12, 21), de la semilla (19, 20, 22, 23), del mucílago (10).

En lo que respecta al fruto, Askar y El-Samahi (2) presentan valores para la composición química; valores que se presentan en el cuadro 1.

CUADRO 1

COMPOSICION QUIMICA DE LOS FRUTOS DE LA TUNA (2)

COMPONENTES	UNIDAD	CONTENIDO
Humedad	%	85,1
Sólidos solubles totales	%	13,2
Azúcares reductores	%	6,6
Azúcares no reductores	%	0,0
Glucosa	%	6,5
Fructosa	%	0,6
Valor pH		5,8
Acidez total titulable (Ac. cítrico)	%	0,05
Acido cítrico	mg/100 g	61,0
Acido málico	mg/100 g	23,3
Acido ascórbico	mg/100 g	25,0
Proteína cruda	%	0,8
Fibra cruda	%	0,1
Grasas	%	0,7
Cenizas	%	0,4
Sodio	mg/100 g	1,1
Calcio	mg/100 g	24,4
Potasio	mg/100 g	90,0
Magnesio	mg/100 g	98,4
Fosfato (P04)	mg/100 g	28,2

Por su parte, Sawaya et al (21) efectuaron determinaciones químicas en la pulpa del fruto de tuna, cuyos resultados se muestran en el cuadro 2.

CUADRO 2

ANALISIS QUIMICO DE LA PULPA DEL FRUTO DE LA TUNA (21)

COMPONENTE	CONTENIDO
Valor pH	5,75
Acidez (% Ac. cítrico)	0,18
Sólidos solubles totales (° Brix)	14,20
Sólidos totales %	14,50

Estos investigadores también determinaron la composición proximal de la pulpa, cuyos resultados se presentan en el cuadro 3. (21)

CUADRO 3

ANALISIS PROXIMAL DE LA PULPA DE TUNA (21)

COMPONENTE	PESO FRESCO %
Humedad	85,60
Proteína cruda (N x 6,25)	0,21
Grasa cruda	0,12
Fibra cruda	0,02
Cenizas	0,44
Pectina	0,19
Vitamina C mg/100 g	22,00
B. caroteno (Vit. A)	trazas
Valor calorías (Kcal/100 g)	47,30

Según estos valores, y de otros reportes dados por Mella (12) y Feitosa (7) se puede establecer que el fruto de tuna presenta bajos valores en su contenido de proteínas, grasa y fibra; al igual que el contenido de pectina. En cuanto al contenido de vitamina C, el fruto de tuna presenta valores equivalentes a la mitad de otras frutas con abundante contenido de ella, como es el caso de cítricos.

En cuanto al valor pH, todas las citas consultadas concuerdan con una cifra sobre 5,0 lo cual permite considerar a la tuna como un "alimento de baja acidez".

Flath y Takahashi (8) reportan sobre la composición de los constituyentes volátiles del fruto de tuna. Cuantitativamente establecen que entre estos volátiles destacan: alcoholes, aldehidos y cetonas, ésteres, éteres, hidrocarburos; siendo los alcoholes los volátiles de mejor clase, especialmente un grupo de alcoholes saturados e insaturados con nueve carbonos.

En cuanto a las características químicas de las semillas de tuna, Sawaya y Khan (20) y Shaheen et al (22, 23) informan de la composición del aceite de semilla.

El cuadro 4 presenta los valores de la composición química de la semilla de tuna, según Shaheen et al (22).

CUADRO 4

COMPOSICION QUIMICA DE LA SEMILLA DE TUNA (22)

COMPONENTE	VALOR (%)
Humedad	3,71
Proteína cruda	5,00
Fibra cruda	56,44
Almidón	23,16
Contenido de aceite	5,25
Cenizas	1,43

De estos resultados, destaca el alto contenido de fibra cruda, un bajo contenido de proteínas y un contenido de aceite interesante.

Con respecto a las características físicas y químicas del aceite de semilla de tuna, el cuadro 5 presenta los valores encontrados por Sawaya y Khan (20) y por Shaheen et al (23).

CUADRO 5

CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL ACEITE DE SEMILLA DE TUNA
(20,23)

COMPONENTE	SAWAYA y KHAN	SHAHEEN ET AL
Indice de refracción	1,4596	1,4735
Valor yodo	119,00	121,61
Valor de saponificación	222,00	186,69
Acidez (% Ac. oleíco)	0,84	0,55
Materia no saponificable %	1,96	1,34

Referente a la composición de los ácidos grasos, en el cuadro 6 se presentan los valores informados por Sawaya y Khan (20) y por Shaheen et al (23).

CUADRO 6

COMPOSICION DE LOS ACIDOS GRASOS DEL ACEITE DE SEMILLAS DE TUNA
(20,23)

ACIDOS GRASOS	SAWAYA y KHAN	SHAHEEN ET AL
Mirístico	-	0,73
Palmítico	12,00	31,83
Hexadecenoico	-	5,26
Esteárico	5,80	2,52
Oleíco	8,80	17,25
Linoleíco	73,4	42,42

De acuerdo con los valores citados en la bibliografía consultada (20,23), de los ácidos grasos identificados el linoléico es el más abundante (42 a 73%), seguido del palmítico, oleíco, esteárico, mirístico y hexadecenoico; aunque los valores difieren entre ambas citas, el orden de abundancia en ácidos grasos es similar.

En el aceite de semilla de tuna, los principales ácidos grasos insaturados son el linoleíco y oleíco, mientras que los saturados corresponden, especialmente, al palmítico.

Finalmente, en lo que respecta a la composición del mucílago de tuna, Karl et al (10) entregan antecedentes al respecto, señalando que su estructura química corresponde a polisacáridos similar a las

pectinas y gomas. En la composición química de estos polisacáridos destacan ciertos compuestos metilados como: arabinosa, xylosa, galactosa, ramnosa.

3.2.6. Alternativas de industrialización

El destino de las plantaciones de tuna es la obtención de fruta para consumo en fresco tanto a nivel nacional como en los mercados externos. Sin embargo, cabe destacar la potencialidad de este cultivo en cuanto a la industrialización de la fruta como las perspectivas agroindustriales de los subproductos y desechos (semillas y paletas, especialmente).

Numerosas son las posibilidades de industrialización que se plantean para los frutos de tuna. Es así que se considera elaborar:

- mermeladas, miel y néctares (1, 5, 26)
- fruta apertizada (enlatada) (3, 6, 15, 26)
- fruta deshidratada y confitada (6, 23, 26)
- jugos y pulpas (1, 6, 25)
- vinos, vinagre y licores (4, 26)
- obtención de gomas y aceite (5, 14)

El gran potencial de desarrollo y crecimiento del cultivo de la tuna, tanto para su consumo en el país como en la exportación, permite pensar que esta especie frutal puede transformarse en un rubro rentable, siempre que se considere su potencial agroindustrial.

Es factible la apertización (enlatado o en frascos de vidrio) adicionando almíbar de 45º Brix inicial y ácido cítrico para rebajar el pH a un valor de 4,2; de esta forma su tratamiento térmico es de 15 minutos a temperatura de ebullición de agua (3, 6, 15, 26).

En el caso de los jugos, de acuerdo a lo indicado en el trabajo ejecutado por la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Chile (25) se reporta la elaboración de jugo clarificado concentrado de tuna, con un contenido final de sólidos solubles de 54º a 72º Brix; como agente clarificante se recurrió a la enzima péctica Ultrazim 100, en dosis de 2, 3, 6 gr/lt de jugo sin calentar y, 3 gr/lt de jugo calentado a 30º y 36ºC.

Por otra parte, Abarca (1) en su "Estudio de la tuna para su industrialización" propone como alternativa la elaboración de jugo, definiéndose en ese estudio las operaciones que deben efectuarse en el procesado de la fruta. La concentración se realizó a temperaturas inferiores a 75ºC, hasta un contenido de sólidos de 60%, definiéndose a este producto como una "miel" más que un jugo concentrado.

En tanto, Paredes y Rojo (15) informan de la elaboración de jugo natural de tuna, enlatado, con un contenido de sólidos de 12,5º Brix. Al jugo se le adicionó benzoato de sodio como agente conservante y se envasó en tarros de hojalata barnizado. Espinosa et al (6) también menciona la elaboración de jugo natural de tuna, envasados en botellas de vidrio y sometidos a pasteurización a 80º C por 20 minutos, como método de conservación.

Por otra parte, el néctar de tunas procesado y embotellado, sometido a pasteurización, ha tenido resultados promisorios a partir de distintos tratamientos en la proporción pulpa/agua (3:1 - 3:2) con tratamiento térmico suave (10 minutos a 100ºC) y con un porcentaje de azúcar final en el néctar de 15º Brix (1, 5, 26).

La elaboración de mermeladas se presenta como otra alternativa agroindustrial de la tuna. El producto puede ser envasado en bolsas

de plástico o seguir el tratamiento térmico en el enlatado, estabilizando a 100°C por 30 minutos. La mermelada puede elaborarse con pulpa y pepas o pulpa sin pepas (1, 5, 26).

La jalea, por otra parte, se prepara con jugo de tunas libre de semillas. El jarabe se concentra a 100°C hasta que espese, dejando enfriar lentamente para lograr un buen gel (1, 5, 26).

Para obtener el vino o alcohol de tuna, se requiere de fruta con alto contenido de azúcar o recurriendo a un concentrado para lograr una buena fermentación alcohólica. Si el alcohol obtenido se somete a un proceso de oxidación, se obtiene vinagre de tuna (4, 26).

La tuna también puede consumirse como fruta desecada y confitada (6, 23, 26). Por otra parte, los tunales son fuentes de mucílagos a la vez que de las semillas se puede extraer aceite (5,14).

Además de las alternativas señaladas para el consumo humano, las paletas adultas, las cáscaras de los frutos y las semillas, constituyen un buen recurso forrajero (26).

4. DISEÑO Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

En este capítulo se hace referencia a la metodología de trabajo y desarrollo de la investigación (actividades); se describen, además, el equipo y materiales utilizados en su ejecución.

4.1. Metodología Etapa 1

Las actividades desarrolladas en esta etapa consideraron:

4.1.1. Recopilación y análisis bibliográfico, de manera de establecer un resumen del estado del arte en industrialización global de la tuna.

4.1.2. Caracterización de la materia prima, mediante análisis químico de:

- fruta entera, sin pepas
- fruta (pulpa) sin pelar, madura
- fruta (pulpa) sin pelar, inmadura
- semilla de tuna
- paleta de tuna

4.1.3. Estudio de remoción de la cutícula (pelado), considerándose los siguientes sistemas:

- pelado manual o mondado
- pelado químico, con soda
- soda más un agente detergente

En los sistemas que usan soda, las variables consideradas fueron: concentración del alcalí, tiempo y temperatura de aplicación. En la evaluación de los tres sistemas se determinó: rendimiento, eficiencia y efectos no deseables.

4.1.4. Obtención diferencial de jugos clarificados y pulposos concentrados, a nivel de laboratorio, semi-piloto, a partir de las siguientes alternativas de preparación de la fruta:

- a. Fruta pelada (sin cutícula) según opción seleccionada en la actividad 4.1.3.
- b. Fruta sin pelar (con cáscara, cutícula)
- c. Pulpa sin pepa.
- d. Mezcla cáscara-pulpa sin pepa.

En el anexo 1 se detalla el procedimiento de desarrollo de esta actividad. Los análisis realizados a cada producto elaborado incluyeron: evaluación organoléptica; sólidos solubles/acidez; índices de deterioro con el tiempo, en pruebas de almacenamiento a temperatura ambiente.

4.2. Metodología Etapa 2

En esta etapa se realizaron pruebas experimentales, a nivel piloto, de elaboración de jugos pulposos concentrados de acuerdo a los parámetros de procesamiento definidos en la etapa 1.

La metodología de trabajo consideró las siguientes actividades:

- 4.2.1. Obtención de jugos concentrados, clarificados y pulposos a 70° Brix; y de pulpa concentrada.
- 4.2.2. Evaluación química, organoléptica de los productos antes mencionados. Además en esta etapa se incorporó la variante del uso de mucílago en la obtención del jugo concentrado,

tipo pulposo. Las actividades de este ensayo se detallan a continuación.

a. Obtención de jugo y mucílago y posterior concentración a 55° Brix.

b. Preparación de las siguientes muestras para análisis de estabilidad:

Muestra 1 : Testigo (jugo concentrado congelado).

Muestra 2 : Con dosis 1 de vitamina C + ácido cítrico y frío como estabilizante ($2^{\circ}\text{C} \pm 2$).

Muestra 3 : Con dosis 2 de vitamina C + ácido cítrico como estabilizante ($2^{\circ}\text{C} \pm 2$).

Muestra 4 : Con dosis 1 de vitamina C + ácido cítrico y con dosis 1 de sorbato de potasio.

Muestra 5 : Con dosis 1 de vitamina C + ácido cítrico y con dosis 2 de sorbato de potasio + frío como estabilizante.

c. Caracterización sensorial, microbiológica y físico-química (color, sólidos, acidez, pH) del producto obtenido.

En el Anexo 2 se detalla el procedimiento experimental de esta actividad.

4.3. Metodología. Etapa 3

En esta etapa se llevó a efecto la elaboración industrial de jugo concentrado de tuna, lo cual se llevó a efecto en la Planta de Concentrados de la empresa AGRONA, co-patrocinante del proyecto, planta ubicada en la localidad de Requinoa.

Para la prueba industrial se procesaron 18 toneladas de fruta, aportadas por los productores de tuna. La línea de proceso aplicada en esta etapa se detalla en el Anexo 3.

4.4. Metodología Etapa 4

Las actividades desarrolladas y que se presentan en el Anexo 4 fueron las siguientes:

- 4.4.1. Aprovechamiento de las semillas (pepas), mediante la extracción de aceite a nivel laboratorio, semi-piloto.
- 4.4.2. Caracterización del aceite obtenido a través de la determinación de la composición de los ácidos grasos.
- 4.4.3. Determinación de la aptitud cosmetológica del aceite, efectuándose los ensayos de irritación primaria, y la respuesta alérgica (Test de Dreize).
- 4.4.4. Caracterización de la paleta de planta de tuna, mediante un análisis químico proximal y que incluye: humedad, proteínas, cenizas, extracto etéreo, fibra; además de la acidez, pH, pectinas y sólidos insolubles.
- 4.4.5. Estudio de alternativas de industrialización para la aplicación de imitación de fruta confitada y prospección

bibliográfica de otras alternativas, como su uso para forraje animal. En el Anexo 4 se incluye el procedimiento de preparación definido para la elaboración de fruta confitada.

4.5. Equipos y materiales usados

A continuación se detallan, indistintamente, los equipos y materiales usados para los diferentes ensayos y actividades que se indican.

4.5.1. Prueba de pelado

- Estanques de acero inoxidable (doble fondo) de capacidad 20, 50 y 100 litros.
- Canastillos de malla, portafrutas, de fierro galvanizado.
- Lavador de frutas, tipo duchas.
- Bandejas plásticas.
- Soda industrial (hidróxido de sodio).
- Fastpeel (aditivo termoactivo).

4.5.2. Elaboración de jugos concentrados

Se considera el nivel de elaboración de laboratorio y de planta piloto.

4.5.2.1. Nivel de laboratorio

El equipamiento usado fue el siguiente:

- Cuttert, marca Hobart, de acero inoxidable de 30 kilos de capacidad
- Pulpadora, con malla de 1,5 mm de diámetro
- Prensa mecánica de laboratorio

- Paños filtro de lona
- Enzimas Amiloglucosidasa AMG-300 y Pectinex 3XL AP18 de Novo
- Filtro kitasato, de vacío
- Rotovapor, evaporador

4.5.2.2. Nivel de planta piloto

- Cuttert, Hobart
- Pulpadora, con malla 1,5 mm de diámetro
- Prensa hidráulica Brücher-Guyer
- Paños filtro de lona
- Enzimas Amiloglucosidasa AMG-300 y Pectinex 3XL AP18 de Novo
- Evaporador continuo ANHYDRO de capa fina

4.5.2.3. Prueba industrial

El equipamiento de la planta AGRONA está compuesto por una línea de jugo concentrado de frutas marca UNIPEKTIN de Suiza, cuyas principales unidades son las siguientes:

- Estanque de vaciado en agua
- Elevador hidráulico (transportador)
- Tolva de carga
- Mesa de selección
- Molino triturador
- Estanque pulmón
- Bombas de desplazamiento positivo
- Prensas de cintas Bellmer
- Unidad recuperadora de aromas
- Filtros
- Concentradores combinados de 3 efectos, de alto vacío

- Enfriador
- Tambores de envasado
- Cámaras frigoríficas a 0°C

4.5.3. Industrialización de las pepas

Las pepas se separaron de la pulpa y, posteriormente se obtuvo el aceite. El equipamiento usado fue el siguiente:

- Tamizador con malla 0,5 milímetros
- Estanque de lavado, de acero inoxidable
- Solventes químicos (éter de petróleo)
- Equipo de extracción Soxhlet
- Material de laboratorio: vasos de precipitado, matraces Erlenmeyer, etc.

5. RESULTADOS

Se presentan, a continuación, las experiencias y ensayos realizados, según la metodología descrita en el punto 4.

5.1. Resultados Etapa 1

5.1.1. Caracterización de la materia prima

Para cada uno de los ensayos de elaboración de jugos se realizaron análisis de rendimiento, químico y de textura. En los cuadros 7, 8, 9 y 10 se presentan los valores de rendimiento para los distintos componentes de la fruta (pulpa, cáscara, pepas) y textura; por su parte, los cuadros 11, 12 13 y 14 presentan los valores del análisis químico respectivo. Cabe hacer notar que los cuadros 9 y 13 se refieren a fruta inmadura (verde) y los cuadros 10 y 14 a fruta madura (coloración rojiza); mediciones efectuadas para evaluar la influencia del grado de madurez de la fruta en la calidad del producto elaborado.

CUADRO 7

VALORES DE RENDIMIENTO DE LA FRUTA (PRIMER ENSAYO DE ELABORACION DE JUGOS, MARZO 1987) Y DE TEXTURA

MEDICION	VALOR (kg)	RENDIMIENTO(%)
Peso total	2,772	100,00
Peso cáscara	1,804	65,07
Peso pulpa	0,883	31,85
Peso pepas	0,085	3,08
Textura	2,05 lbs.	

CUADRO 8

VALORES DE RENDIMIENTO DE LA FRUTA (SEGUNDO ENSAYO DE ELABORACION DE JUGO, JUNIO, 1987) Y DE TEXTURA

MEDICION	VALOR (kg)	RENDIMIENTO(%)
Peso total	2,647	100,00
Peso cáscara	1,856	70,12
Peso pulpa	0,721	27,24
Peso semilla	0,070	2,64
Textura	2,7 lbs	

CUADRO 9

VALORES DE RENDIMIENTO DE LA FRUTA (TERCER ENSAYO DE CONCENTRACION DE JUGO, FRUTA INMADURA, JULIO 1987) Y DE TEXTURA

MEDICION	VALOR (kg)	RENDIMIENTO (%)
Peso total	5,047	100,00
Peso cáscara	2,771	54,90
Peso pulpa	2,039	40,40
Peso pepas	0,237	4,70
Textura	5,2 lbs	

CUADRO 10

VALORES DE RENDIMIENTO DE LA FRUTA (CUARTO ENSAYO DE ELABORACION DE JUGO; FRUTA MADURA, JULIO-AGOSTO 1987) Y DE TEXTURA

MEDICION	VALOR (kg)	RENDIMIENTO (%)
Peso total	4,958	100,00
Peso cáscara	3,070	61,92
Peso pulpa	1,781	35,92
Peso pepas	0,107	2,16
Textura	2,6 lbs	

En los cuadros siguientes (11 al 14), se presentan los valores correspondientes a los análisis químicos de la fruta procesada para los cuatro ensayos de elaboración de jugo. Las mediciones se realizaron a la fruta entera (con cáscara, sin pepa) y a la pulpa (sin cáscara, sin pepa).

CUADRO 11

RESULTADOS DEL ANALISIS QUIMICO DE LA FRUTA (CON CASCARA Y SIN CASCARA (PULPA) DEL PRIMER ENSAYO DE ELABORACION DE JUGO CONCENTRADO

ANALISIS	FRUTA CON CASCARA	FRUTA (PULPA) SIN CASCARA
Humedad (%)	85,49	85,77
Proteínas (N x 6,25)(%)	0,55	0,52
Cenizas (%)	1,18	0,25
Extracto etéreo (%)	0,07	0,05
Fibra	0,56	0,02
Azúcares (º Brix)	12,16	13,97
Acidez (% ácido cítrico Anh.)	0,147	0,047
pH	5,00.	6,00
Pectinas (%)	0,04	0,03
Ac. Ascórbico (mgr/100 g)	83,20	25,40

CUADRO 12

RESULTADOS DEL ANALISIS QUIMICO DE LA FRUTA (CON CASCARA Y SIN CASCARA (PULPAS) DEL SEGUNDO ENSAYO DE ELABORACION DE JUGO CONCENTRADO

ANALISIS	FRUTA CON CASCARA	FRUTA (PULPA) SIN CASCARA
Humedad (%)	86,08	86,09
Proteínas (N x 6,25) (%)	0,42	0,45
Cenizas (%)	0,98	0,22
Extracto etéreo (%)	0,06	0,03
Fibra (%)	0,52	0,13
Azúcares (° Brix)	11,71	13,61
Acidez (% ácido cítrico anhidro)	0,128	0,033
pH	5,3	6,37
Pectinas (%)	0,03	0,05
Ac. Ascórbico (mgr/100g)	94,70	23,50

CUADRO 13

RESULTADOS DEL ANALISIS QUIMICO DE LA FRUTA INMADURA (CON Y SIN CASCARA), DEL TERCER ENSAYO DE ELABORACION DE JUGO CONCENTRADO

ANALISIS	FRUTA CON CASCARA	FRUTA (PULPA) SIN CASCARA
Humedad (%)	89,67	88,82
Proteínas(N x 6,25) (%)	0,60	0,64
Cenizas (%)	1,35	0,36
Extracto etéreo (%)	1,16	1,70
Fibra (%)	0,96	1,08
Azúcares (° Brix)	6,80	9,40
Acidez (% ácido cítrico anhidro)	0,84	0,32
pH	4,00	4,30

CUADRO 14

RESULTADOS DEL ANALISIS QUIMICO DE LA FRUTA MADURA (CON Y SIN CASCARA), DEL CUARTO ENSAYO DE ELABORACION DE JUGO CONCENTRADO

ANALISIS	FRUTA CON CASCARA	FRUTA (PULPA) SIN CASCARA
Humedad (%)	86,73	87,03
Proteínas (N x 6,25) (%)	0,54	0,49
Cenizas (%)	1,05	0,19
Extracto etéreo(%)	1,50	1,37
Fibra (%)	0,70	0,35
Azúcares (° Brix)	11,60	11,60
Acidez (% ácido cítrico)	0,24	0,07
pH	5,10	4,80

En cuanto a los análisis de semilla y paleta de tuna, los valores de las mediciones realizadas se presentan en los cuadros 15 y 16, respectivamente.

CUADRO 15

RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS A LAS SEMILLAS DE TUNA

ANALISIS	VALORES (%)
Humedad	8,24
Proteínas (N x 6,25)	6,70
Cenizas	1,61
Extracto etéreo	4,70
Fibra	54,92

Los análisis a la paleta se efectuaron a aquellas que se obtienen de la poda del tunal, práctica habitual en el manejo que se hace a esta especie frutal.

CUADRO 16

RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS A LA PALETA DE TUNA

ANALISIS	VALORES (%)
Humedad	92,74
Proteínas (N x 6,25)	0,57
Cenizas	2,35
Extracto etéreo	1,41
Fibra	1,16
pH	5,20
Acidez (Ac. cítrico anh.)	0,25
Pectinas	0,025
Sólidos insolubles	3,03

5.1.2. Estudio de remoción de la cutícula

Como sistema de pelado de la fruta se utilizaron las siguientes alternativas:

- pelado con soda
- pelado con soda más un agente detergente
- pelado manual

A continuación se analizan cada caso en forma separada.

5.1.2.1. Pelado químico A

Como agente de remoción se recurre a la soda (hidróxido de sodio), cuya efectividad dependerá de: concentración de la solución, temperatura de aplicación y, tiempo de contacto de la fruta en la solución.

La concentración de la soda se midió, indistintamente en porcentaje y en densidad (a 20°C). En la Tabla 2 se presentan ambos valores, homologados a cada nivel.

TABLA 2

VALORES DE DENSIDAD DE LA SOLUCION DE SODA (A 20°C) Y SU EQUIVALENTE EN PORCENTAJE (%) EN PESO

DENSIDAD (a 20°C)	CONCENTRACION (% en peso)
1,010	1,045
1,020	1,940
1,030	2,840
1,040	3,745
1,050	4,655
1,060	5,560
1,070	6,470
1,080	7,380
1,090	8,280
1,100	9,190
1,120	11,010
1,130	11,920
1,140	12,830
1,150	13,730
1,160	14,640
1,170	15,540
1,180	16,440
1,230	20,980
1,240	21,900
1,250	22,820



Las experiencias con soda sola y las condiciones de trabajo se detallan a continuación:

Experiencia 1

Se utilizó soda comercial en escamas al 40% de concentración, con la cual se prepara una solución alcalina al 5,74% en peso, aproximado, y que equivale a una densidad de 1,062. La soda se agregó sobre agua a temperatura ambiente y se calienta hasta lograr las siguientes temperaturas y tiempos de trabajo, cuyos resultados se incluyen:

1.a. Temperatura: 50°C, tiempo = 10 minutos

No se desprende la cutícula, solo se afecta la zona del ápice calicinal. Se hace necesario repasar la fruta en forma manual.

1.b. Temperatura = 60°C; tiempo = 10 minutos

No se pela la fruta, salvo la zona calicinal. Se complementa con pelado manual.

1.c. Temperatura= 80°C, tiempo = 5 minutos

Se desprende parcialmente la cutícula; se logra un 45% de eficiencia de pelado. La fruta experimenta un leve cambio de color (pardeamiento)

1.d. Temperatura = 90°C, tiempo = 5 minutos

Se logra un mejor desprendimiento de la cutícula, aunque no totalmente; se logra una eficiencia de pelado del 67%.

Experiencia 2

Se preparó una solución alcalina a una concentración de 10,28% a 10,3% ($d=1,112$), con el mismo producto comercial señalado anteriormente. Las condiciones de trabajo se señalan a continuación:

2.a. Temperatura = 96°C , tiempo = 3 minutos

Se logra una eficiencia de pelado del 80%, debiéndose completar con un lavado manual y ducha de agua para eliminar totalmente la cutícula.

2.b. Temperatura = 96°C . tiempo = 5 minutos

Se logra un pelado total, incluso la zona pedicelar; se complementa con un lavado suave tipo ducha.

2.c. Temperatura = 96°C , tiempo = 4 minutos

Quedan restos de cutícula, eficiencia de un 86%; se debe usar lavado con agua, tipo ducha.

5.1.2.2. Pelado químico B

En este segundo tipo de pelado químico se recurrió a una mezcla de soda comercial (en escamas) con un agente detergente, tensoactivos cuyo uso permite aumentar la eficiencia de pelado de la soda. Para las experiencias que se detallan a continuación se usó el producto comercial "Faspeel".

Experiencia 1

Las condiciones de trabajo fueron: solución de soda al 5% más Faspeel al 0,3% v/v. Las pruebas realizadas consideran lo siguiente:

1.a. Temperatura = 70°C, tiempo = 5 minutos

La fruta no se pela en absoluto.

1.b. Temperatura = 80°C; tiempo = 5 minutos

La fruta se pela muy poco, muy baja eficiencia.

1.c. Temperatura = 90°C; tiempo = 5 minutos

No se logra un buen resultado.

Experiencia 2

Se aumentó la concentración de la soda al 11,4%; se mantiene constante el Faspeel

2.a. Temperatura = 70°C, tiempo = 5 minutos

No se pela la fruta

2.b. Temperatura = 70°C; tiempo = 8 minutos.

La cutícula solo se suelta pero no se desprende.

Experiencia 3

Las condiciones de trabajo fueron las siguientes y que se mantuvieron constante:

concentración de soda = 15,6%

concentración de Faspeel = 0,4% v/v

- 3.a. Temperatura = 70°C, tiempo = 7 minutos
Se logra una eficiencia de pelado del 46%; quedando fruta sin pelarse; se debe completar la eliminación de la cutícula mediante lavado manual.
- 3.b. Temperatura = 80°C; tiempo = 4 minutos
Eficiencia de pelado del 80%, la zona pedicular no queda bien pelada y se debe repasar a mano.
- 3.c. Temperatura = 85°C, tiempo = 3,5 minutos
Eficiencia de pelado del 76%; zona pedicular queda con resto de cutícula.
- 3.d. Temperatura = 70°C, tiempo = 5 minutos
Las frutas no se pelan, resultado negativo.
- 3.e. Temperatura = 75°C, tiempo = 4 minutos
Eficiencia de pelado del 70%; queda fruta parcialmente pelada y que debe repasarse a mano.

Experiencia 4

Se aumentó la concentración de soda a 18,7% y el Faspeel se mantiene a 0,4% v/v. Las pruebas realizadas fueron las siguientes:

- 1.a. Temperatura = 75°C, tiempo = 4 minutos
Eficiencia de pelado del 70%; quedan frutas parcialmente peladas y algunas sin pelar.

- 4.b. Temperatura = 80°C, tiempo = 3 minutos
Se logra una eficiencia de pelado del 55%; queda fruta sin pelar (40% del total).
- 4.c. Temperatura = 85°C, tiempo = 3 minutos
Eficiencia de pelado de un 80%, se logra un buen pelado salvo en la zona pedicelar, que queda con cutícula.
- 4.d. Temperatura = 90°C, tiempo = 2,5 minutos
Todas las frutas se pelan, aunque la zona pedicelar queda con restos de cutícula. Eficiencia del 84%.
- 4.e. Temperatura = 97°C, tiempo = 2 minutos
Eficiencia de un 85%, zona pedicelar parcialmente pelada.
- 4.f. Temperatura = 97°C, tiempo = 4 minutos
Se logra una eficiencia sobre 90%, pero se compromete parte de la pulpa de la fruta, perdiéndose parte de ella.

Experiencia 5

Se trabajó con una concentración de soda (solución) a 23,7% y con Faspeelal 0,5 % v/v. El resto de las condiciones fueron las siguientes:

- 5.a. Temperatura = 70°C, tiempo = 4 minutos
La fruta no se pela.

5.b. Temperatura = 70°C, tiempo = 3 minutos
La fruta no se pela.

5.c. Temperatura = 70°C, tiempo = 5 minutos
La fruta no se pela.

5.1.2.3. Pelado manual

Para este sistema se utilizaron cuchillas de hoja fina lográndose una eficiencia de pelado del 88%. Es lógico establecer la lentitud del proceso, aunque su rendimiento sea incluso mejor que algunos de los resultados obtenidos en los dos tipos de pelado químico.

En la Tabla 3, se esquematizan los resultados de las experiencias realizadas con los tres sistemas de pelado propuestos en este estudio.

TABLA 3

RESULTADOS DE LOS SISTEMAS DE PELADO, PARA LAS CONDICIONES DE TRABAJO: CONCENTRACIONES, TEMPERATURAS, TIEMPOS Y RENDIMIENTOS

EXPERIENCIA REALIZADA	CONCENTRACIONES (%)		TEMP. (°C)	TIEMPO (min)	RESULTADO (+ -)	RENDIM. (%)
	SODA P/P	FASPEEL V/V				
SODA	7,5	-	50	10	-	-50
	7,5	-	60	10	-	-50
	7,5	-	80	5	+	60
	7,5	-	90	5	+	70
	10,3	-	96	3	-	82
	10,3	-	96	5	+	92
	10,3	-	96	4	-	86
	SODA Y FASPEEL	5,0	0,3	70	5	-
5,0		0,3	80	5	-	-
5,0		0,3	90	5	-	-
11,4		0,3	70	5	-	-
11,4		0,3	70	8	-	-
15,6		0,4	70	5	-	-
15,6		0,4	70	7	+	46
15,6		0,4	75	4	+	70
15,6		0,4	80	4	±	80
15,6		0,4	85	3,5	+	76
18,7		0,4	75	4	+	70
18,7		0,4	80	3	+	55
18,7		0,4	85	3	+	80
18,7		0,4	90	2,5	+	84
18,7		0,4	97	2	+	85
18,7		0,4	97	4	+	90
23,7		0,5	70	4	-	-
23,7		0,5	70	3	-	-
23,7		0,5	70	5	-	-
MANUAL		-	-	-	2 / fruta	+

- = no pela

+ = mediana eficiencia

+ = pela bien

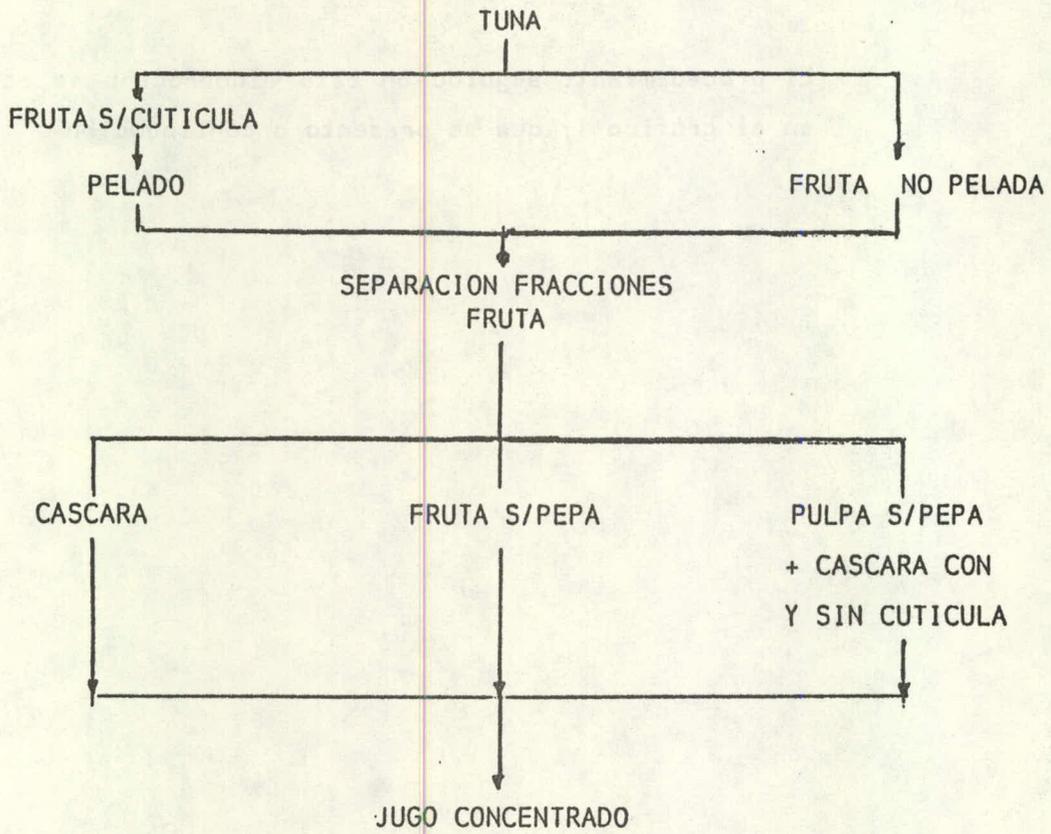
5.1.3. Pruebas de elaboración de jugos

Las pruebas de elaboración de jugos concentrados consideraron la preparación de: jugos clarificados y jugos pulposos, a partir de fruta pelada (sin cutícula) y sin pelar; ambas sin pepa. También se consideró la obtención de jugo y pulpa a partir de la cáscara.

El procedimiento seguido en esta elaboración se esquematiza en el gráfico 1, que se presenta a continuación

GRAFICO 1

PROCEDIMIENTO DE ELABORACION DE LOS DISTINTOS JUGOS
CONCENTRADOS DE TUNA



En el anexo 1 se presenta un esquema general de la actividad 5.1.3.

Para el pelado se optó por el sistema químico con soda solamente, y con las siguientes condiciones de trabajo:

- Concentración de la solución de soda : 10,3%
- Temperatura de la solución : 96°C
- Tiempo de contacto de la fruta : 5 minutos

A los productos obtenidos se les realizaron análisis químicos, microbiológicos y sensoriales, cuyos resultados se presentan a continuación:

5.1.3.1. Análisis químico

El cuadro 17 presenta los resultados de las mediciones efectuadas a los distintos tipos de productos elaborados:

CUADRO 17

VALORES DE LOS ANALISIS QUIMICOS PARA LOS JUGOS Y PULPA
CONCENTRADA QUE SE INDICAN

ANALISIS	PRODUCTOS ELABORADOS (CLAVE)			
	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4
Humedad (%)	35,06	32,12	39,36	82,12
Proteínas (N x 6,25) (%)	2,24	2,18	2,08	0,63
Cenizas (%)	2,53	2,06	2,28	0,81
Extracto etéreo (%)	0,06	0,09	0,03	0,06
Fibra (%)	0,24	0,07	0,05	0,45
Sólidos solubles (%)	66,80	67,60	61,00	28,80
pH	4,63	4,10	4,95	4,00
Acidez (Ac. cítrico anh.) (%)	0,55	1,16	0,51	0,24
Pectinas (%)	0,01	0,01	0,04	0,07
Acido ascórbico (mg/100 g)	133,50	135,90	118,90	23,90

Clave: Nº 1 = Jugo clarificado concentrado obtenido de fruta sin pelar

Nº 2 = Jugo pulposo concentrado obtenido de fruta pelada

Nº 3 = Jugo pulposo concentrado obtenido de fruta sin pelar

Nº 4 = Pulpa concentrada, obtenida de fruta entera sin pepa

5.1.3.2. Análisis microbiológicos

En el cuadro 18 se indican los valores obtenidos en los análisis microbiológicos, que consideraron: recuento total, hongos y levaduras, coliformes y coliformes fecales.

CUADRO 18

RESULTADOS ANALISIS MICROBIOLOGICOS DE LOS JUGOS Y PULPAS
CONCENTRADOS DE TUNA

ANALISIS	PRODUCTOS ELABORADOS (CLAVE)			
	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4
Recuento total	3.0×10^2	< 10	s.d.*	s.d.
Hongos, levaduras	2.0×10^2	< 10	s.d.	s.d.
Coliformes	1.0×10^4	< 10	s.d.	s.d.
Coliformes fecales	8.0×10^1	< 10	s.d.	s.d.

Nota: La clave usada es la misma indicada en el cuadro 12.

(*) s.d. = sin desarrollo

5.1.3.3. Análisis sensorial.

Para la evaluación de los productos señalados en el punto 5.1.3., se procedió a una reconstitución de cada uno de ellos y que consiste en diluir con agua cada jugo concentrado a niveles que permiten asociarlo con el jugo natural.

De esta forma, y como antecedente preliminar, se procedió a fijar el nivel de sólidos solubles (grados Brix) de reconstitución considerándose tres niveles: 9º, 12º y 18º Brix. Los resultados de dicha evaluación se presentan en la Tabla 4.

TABLA 5

RESULTADOS DE LA EVALUACION SENSORIAL DEL JUGO CLARIFICADO OBTENIDO A PARTIR DE FRUTA SIN PELAR

ATRIBUTO	CALIFICACION
Apariencia	Deficiente
Aroma	Deficiente
Sabor	Deficiente
Textura	Aceptable con reparos

Jugos pulposos

La Tabla 6 muestra los resultados de la evaluación sensorial para los jugos pulposos obtenidos tanto a partir de fruta sin pelar y de fruta pelada.

TABLA 6

RESULTADOS DE LA EVALUACION DE LOS JUGOS PULPOSOS

ATRIBUTO	CALIFICACION	
	FRUTA SIN PELAR	FRUTA PELADA
Apariencia	Deficiente	Aceptable con reparos
Aroma	Aceptable con reparos	Malo
Sabor	Deficiente	Malo
Textura	Aceptable con reparos	Deficiente

TABLA 5

RESULTADOS DE LA EVALUACION SENSORIAL DEL JUGO CLARIFICADO OBTENIDO A PARTIR DE FRUTA SIN PELAR

ATRIBUTO	CALIFICACION
Apariencia	Deficiente
Aroma	Deficiente
Sabor	Deficiente
Textura	Aceptable con reparos

Jugos pulposos

La Tabla 6 muestra los resultados de la evaluación sensorial para los jugos pulposos obtenidos tanto a partir de fruta sin pelar y de fruta pelada.

TABLA 6

RESULTADOS DE LA EVALUACION DE LOS JUGOS PULPOSOS

ATRIBUTO	CALIFICACION	
	FRUTA SIN PELAR	FRUTA PELADA
Apariencia	Deficiente	Aceptable con reparos
Aroma	Aceptable con reparos	Malo
Sabor	Deficiente	Malo
Textura	Aceptable con reparos	Deficiente

Pulpas concentradas

Al igual que en los jugos, las pulpas concentradas se evaluaron reconstituyéndolas a tres niveles de sólidos solubles (grados Brix): 12, 15 y 18º Brix, respectivamente. En la Tabla 7 se presentan los resultados de este análisis sensorial.

TABLA 7

RESULTADOS DE LA EVALUACION SENSORIAL DE LAS PULPAS
CONCENTRADAS, PARA TRES NIVELES DE RECONSTITUCION

ATRIBUTO	CALIFICACION POR GRADO DE RECONSTITUCION		
	12º Brix	15º Brix	18º Brix
Apariencia	Aceptable con reparos	Aceptable con reparos	Aceptable con reparos
Arama	Aceptable	Aceptable con reparos	Aceptable con reparos
Sabor	Deficiente	Deficiente	Aceptable con reparos
Textura	Aceptable con reparos	Aceptable con reparos	Aceptable

5.2. Resultados Etapa 2

En esta etapa se escalaron los resultados de las pruebas de laboratorio, a escala de planta piloto; especialmente lo referente a la remoción química de la fruta como al proceso de elaboración de jugo concentrado.

5.2.1. Modificaciones a la remoción química

Estas modificaciones se refieren fundamentalmente a variaciones en la temperatura de la solución alcalina de la soda y al tiempo de contacto de la fruta en esta solución, de

acuerdo al estado de madurez de la tuna; considerando que esta fruta presenta las condiciones de maduración dado las épocas de cosecha y que la definen como fruta "de verano" (cosechada en enero a abril) y fruta inverniza (cosechada entre junio a agosto).

De acuerdo con los resultados obtenidos en la etapa 1, y cuyos resultados se presentan en el punto 5.1.3., en esta segunda etapa se efectuó las modificaciones señaladas en la tabla 8.

TABLA 8

VARIACIONES AL SISTEMA DE REMOCION QUIMICA SEGUN EL ESTADO DE MADUREZ DE LA FRUTA

VARIABLE	TUNA DE VERANO	TUNA INVERNIZA
Concentración de soda (% p/p)	10,0	10,5 - 11,0
Temperatura (° C)	95 - 96	95 - 97
Tiempo (min)	3 - 4	5 - 7
Rendimiento	92,0	86,0

5.2.2. Rendimiento de prensado/pulpa

De las pruebas de obtención de jugos se ha establecido una relación de rendimiento entre la fruta natural, pelada, obtención de pulpa. En la Tabla 9 se presenta esta relación de rendimiento.

TABLA 9

RENDIMIENTO DE FRUTA/PULPA y PERDIDAS

TIPO PRODUCTO	PESO (gr)	RENDIMIENTO (%)	
Fruta fresca	6.050	100	
Fruta pelada	4.925	81,4	
Cáscara	1.125	18,6	
Pulpa	3.475	70,56% Fruta pelada	57,44% Fruta entera
Pepa	670	13,60	11,07
Pérdidas	780	15,84	12,89 (18,60% cáscara)
TOTAL	4.925	100,00%	100,00 %

En relación al rendimiento total de jugo concentrado, y según los valores estimados de la tabla 9, para una cantidad de sólidos finales de 50º Brix, se logró un rendimiento del 46% en relación a la fruta fresca.

5.2.3. Jugo pulposo más mucílago

Dado la consistencia de este tipo de jugo, se efectuaron pruebas de concentración previa a 55º y 70º Brix finales, determinándose la calidad de estos jugos mediante una evaluación sensorial. En la tabla 10 se presentan los resultados de este análisis.

TABLA 10

EVALUACION SENSORIAL DE JUGO PULPOSO MAS MUCILAGO CONCENTRADO
A 55 y 70º BRUX, RECONSTITUIDOS A 12º Brix

ATRIBUTO	JUGO 55º BRUX	JUGO 70º BRUX
Color	Verde-amarillo	Amarillo-verdoso
Aroma	Leve a tunas	Leve a tunas
Sabor	A tunas, buena relación acidez/dulzor, sin sabores extraños	Predomina la acidez, menor dulzor, sin sabores extraños
Textura	Adecuada, menos viscoso	Más viscoso

En esta prueba preliminar se definió al jugo concentrado a 55º Brix (+ 2º) como el de mejores características sensoriales y sobre el cual, posteriormente se realizaron pruebas de estabilidad. El jugo a 70º Brix, si bien su alta concentración es más adecuada a una fácil conservación, resulta muy ácido y el color que presentó fue juzgado desfavorablemente por los jueces, notándose, además, que por su alta viscosidad es de difícil manejo y en la etapa de concentración origina problemas de operación.

5.2.4. Estabilidad de jugo de tuna con mucílago a 55º Brix

Esta prueba se realizó a nivel piloto, en jugos concentrados pulposos más mucílago, analizados a los cuatro meses de almacenamiento refrigerado entre 0 y -2ºC. Este tiempo se estimó como el promedio del período de almacenamiento que experimentan los jugos concentrados a nivel de comercialización internacional.

En el cuadro 19 se presentan los valores del análisis químico efectuado a este jugo, según los tratamientos descritos en el anexo 2.

CUADRO 19

ANALISIS QUIMICO DE JUGO CONCENTRADO PULPAS MAS MUCILAGO,
A LOS CUATRO MESES DE ALMACENAMIENTO

TRAT. Nº	pH	ACIDEZ (% ac.cítrico)	CONCENTRACION INICIAL ()º Brix
1	5,05	0,5490	56,11
2	5,08	0,5470	56,11
3	5,04	0,5427	56,27
4	5,11	0,5430	56,05
5	5,10	0,5505	55,93
6	5,05	0,5570	57,80
7	5,07	0,5520	57,20
8	5,05	0,5580	57,71

En relación a la evaluación sensorial para estos jugos, en el anexo 2 se dan antecedentes de la metodología usada. La evaluación se efectuó reconstituyendo los jugos a un valor promedio de 12º Brix.

5.3. Resultados Etapa 3.

Al jugo obtenido en la prueba industrial se le realizaron análisis químico, microbiológico. En los cuadros 20 y 21 siguientes, se presentan los resultados del análisis químico y microbiológico respectivamente.

CUADRO 20

ANALISIS QUIMICO AL JUGO CONCENTRADO DE TUNA ELABORADO EN LA PLANTA AGRONA

ANALISIS	VALOR
Acidez	0,21 (% ácido cítrico)
Sólidos solubles	42,70 (° Brix)
Pectina	0,024 (%)
Acido ascórbico	60,20 (mgr/100 gr)
pH	5,75

CUADRO 21

ANALISIS MICROBIOLÓGICO AL JUGO CONCENTRADO DE TUNA ELABORADO EN LA PLANTA AGRONA

ANALISIS	VALOR
Recuento total	$2,5 \times 10^4$ colonias/ml
Hongos y levaduras	$1,2 \times 10^2$ colonias/ml
NMP Coliformes	s.d. (*)
Esporas anaerobias	$2,9 \times 10^2$ colonias/ml

(*) s.d. = sin desarrollo

5.4. Resultados Etapa 4

En esta etapa se estudiaron las alternativas de aprovechamiento de los sub-productos de la tuna, semilla y paleta.

5.4.1. Aprovechamiento de la semilla

Como un posible uso de la semilla de tuna, se planteó la obtención de aceite.

En una primera etapa, se realizaron pruebas de extracción a nivel laboratorio, y semi-piloto, mediante dos sistemas:

- a. Extracción en frío con hexano (batch)
- b. Extracción en Soxhlet

De las pruebas de extracción se obtuvo, en promedio, un rendimiento de 3,7%. A este aceite se le realizaron análisis químico (composición de ácidos grasos), test de irritación primaria y de respuesta alérgica.

En el cuadro 22 se presenta la composición de ácidos grasos del aceite de semilla de tuna.

CUADRO 22

COMPOSICION DE ACEITES GRASOS DEL ACEITE DE
SEMILLA DE TUNA

ACIDOS GRASOS	VALOR (%)
Acido Mirístico	0,1
Acido Palmítico	13,6
Acido Palmitoleico	1,0
Acido Esteérico	2,9
Acido Oleico	20,5
Acido Linoleico	61,4
Acido no identificado	0,5

Respecto a las pruebas de irritación primaria (irritación ocular) y respuesta alérgica o toxicidad dérmica (Test de Dreize), en la Tabla 11 se presentan los resultados obtenidos.

TABLA 11

RESULTADOS DE LA IRRITACION OCULAR (TOXICIDAD) Y DE LA TOXICIDAD DERMICA DEL ACEITE DE SEMILLA DE TUNA

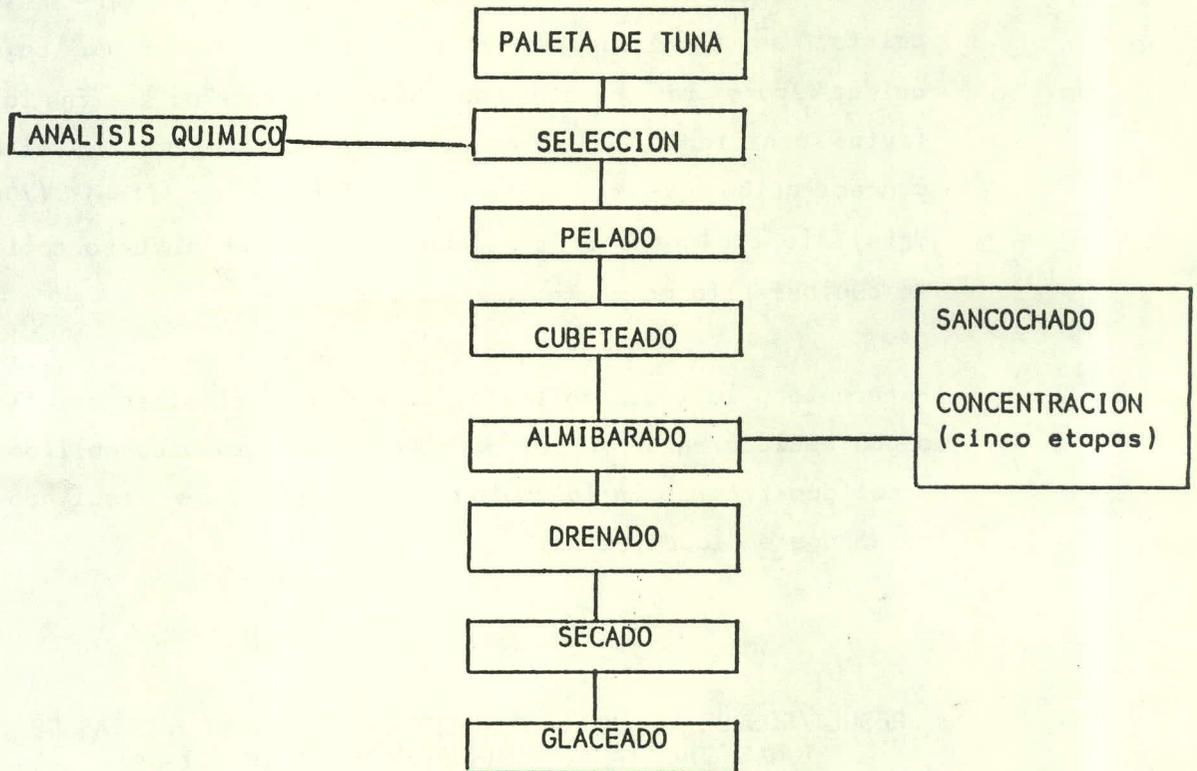
ANALISIS	RESULTADOS
Toxicidad ocular	El producto no provoca irritación ocular. No es tóxico
Toxicidad dérmica	El producto no provoca irritación dérmica. No es tóxico

5.4.2. Aprovechamiento de la paleta

En esta actividad se realizaron pruebas exploratorias de elaboración de paleta de tuna confitada, a fin de determinar la aptitud de la materia prima para ello como producto de imitación. El procedimiento aplicado se presenta en el gráfico 2.

GRAFICO 2

PROCEDIMIENTO DE INDUSTRIALIZACION DE LA PALETA DE TUNA
COMO IMITACION FRUTA CONFITADA



En lo que respecta al análisis químico, en el cuadro 16 se presentaron los valores obtenidos en el análisis químico de la paleta de tuna.

Al igual que en el caso de la fruta, dado el pH de la paleta, se debe considerar como un "alimento de baja acidez" para los efectos de su conservación. En las frutas confitadas, esta conservación ocurre por la alta concentración que se obtiene en el producto final (70º Brix), lo cual hace prácticamente imposible el desarrollo de cualquier forma microbiana contaminante.

Referente a la tuna confitada, el producto final se sometió a una evaluación sensorial para determinar su aceptabilidad y calidad final. En la tabla 12 se presentan los resultados obtenidos en la degustación.

TABLA 12

RESULTADOS DE LA EVALUACION SENSORIAL DE LAS PALETAS DE TUNAS CONFITADAS (IMITACION FRUTA CONFITADA)

ANALISIS	RESULTADOS
Apariencia	Deficiente
Aroma	Poco intenso
Sabor	Agradable
Textura	Fibrosa
Aceptabilidad	Mediana

De acuerdo con las observaciones de los degustadores, el producto se asocia con fruta confitada aunque cabe mejorar la relación dulzor/acidez.

Para el resto de los posibles usos de la paleta de tuna. en los antecedentes bibliográficos del capítulo 3, Introducción, se entrega una proyección de las posibles alternativas conocidas al respecto.

6. DISCUSION DE RESULTADOS

En este capítulo se hace un análisis de los resultados obtenidos en los ensayos y experiencias de este estudio. La discusión se realiza siguiendo la ordenación presentada en el punto 5. Resultados, citándose algunas referencias bibliográficas para cada caso analizado.

6.1. Análisis de la materia prima

6.1.1. Rendimientos

Los valores que se presentan en los cuadro 7 al 10 concuerdan con aquellos reportados por Abarca(1), Cigola(5), Yagnam(26). En promedio, los resultados de este ensayo determinaron que la fruta se compone de un 63% de cáscara, un 33,85% de pulpa y de un 3,15% de pepas o semillas.

Estas cifras estaría señalando que el fruto de tuna presenta un bajo rendimiento en pulpa, que es la porción comestible tanto como fruta fresca y utilizada en la elaboración de miel, jalea, néctar y jugo natural. El llegar a utilizar la cáscara en forma industrial permitirá utilizar el 96,85% del fruto, logrando su aprovechamiento integral.

6.1.2. Características químicas

De acuerdo a los resultados presentados en los cuadros 11 a 14, es destacable el buen contenido de sólidos solubles; 11,8ºBrix para la fruta entera y 13,0ºBrix para la pulpa, valores promedio, lo cual concuerda con los valores presentados por Sawaya et al (21). En cuanto a la fruta inmadura usada en uno de los ensayos de obtención de jugos, el contenido de sólidos solubles en la fruta entera alcanzó 6,8ºBrix, y de 9,4ºBrix en la pulpa. El mayor contenido de sólidos en fruta es vital para lograr un buen rendimiento en la obtención de jugos concentrados.

Otros valores interesantes de destacar son el contenido de ácido ascórbico en la pulpa (25,40 mgr/100 gr), lo cual es considerado como el nivel medio concordando con lo señalado por Askar and El-Samahy (2) y Sawaya et al (21). En cuanto al contenido de

pectinas, los frutos presentan valores muy bajos con lo cual es posible descartar estos componentes como los responsables de la alta viscosidad de los jugos, estableciéndose la presencia de otros polisacáridos como gomas y mucílagos, tal como lo señalan Karl et al (10).

Por otra parte, los frutos de tuna usados en este estudio presentan bajo contenido de proteínas, grasa, fibra, lo cual concuerda con lo informado por Askar and El-Samahy (2), Feitosa (7), Mella (12) y Sawaya et al (21).

De acuerdo con el valor pH de la fruta madura (promedio 5,13 - 5,7) y según la clasificación de los alimentos desde el punto de vista microbiológico, la tuna se considera como "alimento de baja acidez" lo cual define los tratamientos térmicos a usar para su conservación especialmente para el appertizado de tuna (2, 3, 6, 15, 21).

En relación con la madurez de la fruta de tuna, se tienen los valores de textura, considerando 2,45 lbs para fruta madura y 5,2 lbs para fruta inmadura. Otro parámetro de la madurez es la relación sólidos solubles/acidez, obteniéndose valores nominales de 8,10 en fruta verde y de 48,3 en fruta madura. De esta forma, es posible establecer, como índice de madurez a la cosecha, la textura y la relación sólidos solubles/acidez.

Según lo anterior, podría establecerse que frutas inmaduras presentarán valores de textura sobre 5,0 lbs y una elevada relación sólidos solubles/acidez (sobre 20,0). En tanto, en una fruta madura se encontrarán valores de textura igual o inferior a 2,5 lb y una relación sólidos solubles/acidez inferior a 10,0.

6.1.3. Análisis de la semilla y paleta de tuna

Los resultados que se presentan en el cuadro 15 revelan que la semilla de tuna tiene un 6,7 de proteína; 1,61% de cenizas; 4,7% de aceites (extracto etéreo) y un 54,92% de fibras. Estos valores concuerdan con lo reportado por Shaheen et al (22).

Con respecto a la paleta de tuna, los valores presentados en el cuadro 16 indican que este sub-producto presenta un muy bajo nivel de pectinas (0,025%), un bajo contenido de proteínas (0,57%), un contenido de sólidos insolubles (principalmente almidones) de mediano nivel con un valor de 3,03%. El valor pH es de 5,2 lo que refuerza lo encontrado en el fruto y que también permite clasificar a la paleta de tuna como "alimento de baja acidez".

6.1.4. Resultados de los ensayos

6.1.4.1. Remoción de la cutícula

Según los resultados de los sistemas de pelado, y que se presentan en la tabla 2, se puede establecer que de los métodos estudiados el que dió mejores resultados, en cuanto a eficiencia y calidad de remoción de la cutícula como de rendimiento, fue el pelado con soda con las siguientes condiciones de trabajo:

- temperatura : 96°C
- tiempo : 5 minutos
- concentración de soda : 10,3%

En el caso de las experiencias con soda más faspeel se logran buenos resultados con un rendimiento de un 98% pero se requiere más temperatura de la solución como de mayor concentración de soda.

Para el pelado manual, el rendimiento logrado es bueno (con un 88% de rendimiento), pero la limitante de este sistema en su lentitud y depende de la eficiencia de la persona encargada de dicha operación como de la calidad de las cuchillas.

6.1.4.2. Elaboración de jugos concentrados

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis químicos a los distintos tipos de jugos, y cuyos valores se presentan en el cuadro 17, se puede establecer lo siguiente:

- Jugo clarificado

Se obtuvo de un producto con una concentración de 66,8^º Brix promedio y un valor pH de 4,63. Se mantiene el bajo contenido de pectinas (0,01%) situación similar a la fruta fresca. Los valores de proteínas (2,24%), cenizas (2,53%) y vitamina C (133,50 mgr/100 g) del concentrado, aumentan en aproximadamente seis veces, lo cual guarda relación con el aumento de la concentración del jugo natural.

- Jugo pulposo (fruta pelada)

Al igual que en el caso anterior, el contenido de pectinas (2,18%), el de cenizas (2,06%) y vitamina C (135,90 mgr/100 g) experimentan un aumento en seis veces aproximado el contenido inicial. En este caso, la concentración final del jugo fue de 67,6^ºBrix. Curiosamente, el contenido de pectinas se mantiene en un nivel bajo (0,01%); incluso, inferior al valor del jugo natural lo cual se explicaría

por el tratamiento enzimático a que se sometió este jugo en la línea de elaboración, enzimas del tipo pectilíticas que destruyen la estructura química de estos componentes.

- Jugo pulposo (fruta sin pelar)

La concentración final de este tipo de jugo fue de 61º Brix promedio, siendo difícil lograr una mayor concentración debido a un mayor contenido de mucílagos, aportados por la cutícula de la fruta, y al mayor valor de pectinas (0,4%) compuestos que retienen con mayor fuerza el agua presente en la fruta, haciéndose dificultosa su evaporación. Esto se ve reforzado por el mayor contenido de humedad (39,36%) con que queda este jugo en relación a los dos anteriores. El contenido de proteínas (2,08%), de cenizas (2,28%) y de vitamina C (118,90 mgr/100 g), aunque levemente inferior a los otros dos tipos de jugos, mantiene la proporción de aumento de seis veces su contenido inicial.

- Pulpa concentrada

En este producto la concentración obtenida fue de 28,8º Brix, con una humedad del 82,12%. Como en la obtención de la pulpa no se aplicó un tratamiento enzimático, el contenido de pectinas es muy superior (0,7%) a los valores encontrados para los jugos. En los demás componentes se aprecia muy poca diferencia en relación con los valores iniciales de la fruta.

En relación al análisis microbiológico, cuyos resultados se muestran en el cuadro 18, se aprecia en todos los productos elaborados una muy baja carga microbiana llegando, incluso, a niveles en que no hubo desarrollo microbiano (jugo pulposo de fruta sin pelar y pulpa concentrada). Estos resultados son consecuencia de una exhaustiva higiene y sanidad mantenida durante toda las etapas de elaboración de cada producto, control que parte desde la selección de la materia prima, descartando toda fruta con daños y ataques fitosanitarios, hasta la mantención de condiciones adecuadas de almacenamiento. Por lo demás, la alta concentración en los jugos concentrados es un factor determinante en el bajo desarrollo de microorganismos.

Sin embargo, es interesante destacar que los jugos clarificados presentaron la mayor incidencia en los recuentos microbianos. Ello obedece al excesivo manipuleo a que se somete este tipo de jugo, tanto en los tratamientos enzimáticos como en las posteriores filtraciones.

Finalmente, según los resultados de la evaluación sensorial los jugos concentrados, y analizados a una concentración de reconstitución de 12º Brix constante, la mejor calidad de jugo se obtiene a partir de una fruta pelada (sin cutícula) y elaborada en la forma de jugo pulposo. Si bien en este tipo de jugo el aroma y el sabor no se asocian con jugo natural de tuna, su apariencia sí permite identificarlo con éste.

Se estima que la baja calificación final obtenida en todos los jugos se debería a un excesivo tratamiento enzimático (30 a 45 minutos y a temperatura de 40 a 45º C), por lo cual junto con eliminar los polisacáridos (pectina, gomas, mucílago), y facilitar la concentración, también se eliminan en parte los componentes responsables de los aromas y sabores.

En el caso del jugo clarificado, prácticamente no tuvo aceptación y su calidad general fue considerada como deficiente. Ello debido a que en este tipo de jugo, la apariencia es la de un producto ambarino, levemente transparente, y que no permite asociarlo con jugo de tuna (color verdoso), al extremo que pierde identidad con respecto a la materia prima original.

Durante el desarrollo de la etapa 1 se observó que el jugo concentrado clarificado de tunas pierde su identidad básica, de tal forma que al reconstituirlo no permite asociarlo con fruta natural. Por otra parte, el jugo pulposo reconstituido presentó una "aceptabilidad con reparos" y características de aroma y sabor que hacen difícil asociarlo con un producto derivado de la tuna.

En virtud a lo anterior, se realizaron pruebas exploratorias a nivel piloto hacia un nuevo tipo de jugo concentrado (no definido originalmente en las actividades de la etapa 1) cuyos resultados indican que este producto industrial de la tuna debe prepararse a partir de un jugo pulposo con alta retención de mucílago, concentrándose para este caso a un rango de 53 a 55º Brix y conservándolo con la adición de agentes antioxidantes (ácido ascórbico) y el uso de refrigeración.

De esta forma se realizaron pruebas a nivel laboratorio y semi-piloto en la etapa 2 que permitieron satisfacer el desarrollo de este nuevo producto constituido por jugo (fase acuosa), pulpa y mucílago; a la vez de implementar a nivel industrial los resultados obtenidos, tal como se ha definido en la etapa 3 de este proyecto (prueba de elaboración industrial).

En el caso de las pulpas, en general tienen buena aceptación siendo la reconstituida a 18º Brix la que logró la mejor calificación en cuanto a calidad. Ello debido a su mejor dulzor, aroma, sabor, asociándose al producto natural.

6.2. Rendimiento de pulpa prensada

En relación a los valores presentados en la Tabla 9 se aprecia el notable aumento en el rendimiento en pulpa, lo cual se debe al incluir la porción mucílago, originalmente eliminado en el proceso de obtención de la pulpa. Lo anterior se deduce al comparar esos valores con los resultados presentados en los cuadros 7, 8, 9 y 10, sobre rendimiento de la fruta.

Se debe destacar que ninguna de las citas bibliográficas reportan el hecho de considerar el mucílago como un elemento importante dentro del jugo, para su posterior elaboración como concentrado. Karl et al (10) solo hacen mención a la composición de este mucílago.

6.2.1. Jugo concentrado pulposo más mucílago

6.2.1.1. Análisis químico

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis químico, y que se presentan en el cuadro 19, los valores de concentración se mantienen dentro del rango pre-establecido de $55 \pm 2^{\circ}$ Brix, levemente inferior a lo informado en el cuadro 17 para jugos sin mucílago que presentan una concentración de 65° Brix promedio. La menor concentración obedece a la presencia de mucílago, el cual origina un jugo concentrado de alta consistencia lo que dificulta su manejo en el equipo concentrador (disminuye su fluidez); de ahí que no sea recomendable concentrar a más grados Brix ante un eventual problema de encostramiento y quemado del jugo en los equipos.

6.2.1.2. Evaluación sensorial

Por problemas de operación en la Planta Industrial, los cuales se ha demostrado son totalmente subsanables, el producto obtenido en ella presenta algunas características inadecuadas en contraste con las

mejores características del jugo obtenido en planta piloto, en que se dispuso de los elementos de procesamiento indicados para el caso. La conclusión es que no se prevee inconveniente alguno para alcanzar un jugo similar a este último en una planta industrial que procese manzanas.

Cabe hacer presente que en la evaluación de jugos concentrados de fruta, reconstituídos, cualquiera sea la especie de fruta considerada, no es posible conseguir una igual calidad de producto en comparación con el jugo fresco. Esto se da en mayor o menor medida según sea la especie de fruta considerada y, en el caso particular de la tuna dada las características extraordinariamente delicadas de este fruto, ello reviste especial dificultad.

En la evaluación sensorial el patrón usado es el jugo fresco y, según el párrafo anterior, es un patrón muy estricto, si se compara con jugo de manzana o naranja, cualquier evaluador que tuviera que comparar esta situación en ningún caso podría asignar a los productos reconstituídos un puntaje relativamente elevado, asignando un puntaje inferior.

En consecuencia, para evaluar los jugos procesados se tomó como características determinantes, primero, si el jugo mantiene un color que lo asocie al jugo natural; segundo, si el sabor es asociado, por los jueces, al producto natural.

Tal como se ha explicado, estas dos características fundamentales no se consiguieron con los jugos clarificados y pulposos sin mucílago intentadas en la etapa 1, mientras que en el jugo más mucílago estas propiedades presentaron resultados satisfactorios.

Por lo tanto, la evaluación sensorial de los jugos con mucílago, que mantuvieron las ya mencionadas características fundamentales, fueron dirigidas a cuál de todas las muestras según los tratamientos descritos presentaron las mejores características.

A continuación se analizan los resultados de la evaluación sensorial de las muestras de jugo concentrado de tuna más mucílago obtenidas en Planta Piloto, con diferentes condiciones de agregación de aditivos; en correspondencia con lo descrito en la sección 4.2., haciendo referencia a la numeración que se dió a las muestras (anexo 2.2.).

Color: las muestras 4, 6 y 7 presentaron una tonalidad amarillo verdosa, asociándose al color natural del jugo fresco. En las demás muestras se detecta un cambio de color por pardeamiento.

Sabor: En todas las muestras se detecta un leve sabor extraño, añejo y cocido, levemente amargo, con mayor intensidad en las muestras 1, 2, 3 y 8. Aunque la muestra 3 presenta un mejor dulzor y acidez más equilibrada.

Aroma: Se caracteriza por un dejo extraño que disminuye la intensidad de aroma a tuna natural; además, por el hecho que la tuna en sí es poco aromática, el aroma se pierde durante la concentración haciéndose difícil una recuperación en esta operación. En todo caso, la muestra 7 presentó la mayor intensidad a aroma de tuna fresca.

Textura: los jugos presentan una textura (cuerpo) un tanto espesa, siendo más suave la muestra 4.

Finalmente, y de acuerdo con este análisis de los resultados de la evaluación sensorial se puede establecer que los mejores jugos concentrados más mucílagos, en cuanto a color, aroma y sabor, se logran en los tratamientos 4, 6 y 7 que corresponden a jugos con los siguientes aditivos.

TRATAMIENTO	ACIDO CITRICO (mgr/lt)	ACIDO ASCORBICO (mgr/lt)	SORBATO DE SODIO (gr/kg)
4	300	200	1,0
6	-	500	1,0
7	-	-	1,0

Todos mantenidos a -2°C , temperatura de almacenamiento.

6.3. Prueba Industrial

6.3.1. Consideraciones generales

Durante la concepción de este proyecto se incluyó una prueba industrial a fin de producir un volumen significativo del producto desarrollado y a su vez, visualizar e intentar resolver los problemas operacionales, para adaptar una planta elaboradora de jugo de manzanas a la producción de jugo de tunas.

Esta prueba industrial se proyectó bajo las siguientes pautas:

- Fecha de realización : entre los días 22 y 24 de Febrero de 1988
- Materia prima: 4,5 a 5,0 toneladas de fruta de segunda
- Transporte: en cajas cosecheras palletizadas
- Pelado: Químico con soda, según lo definido en la etapa 1.

6.3.2. Consideraciones operacionales

De acuerdo al "flow-sheet" detallado en el anexo 3, las características operacionales más relevantes se resumen en:

- Fecha de realización

La prueba se efectuó entre los días 14 y 16 de Marzo de 1988, desfasándose de la fecha original debido a la programación establecida por AGRONA para su planta de jugos.

- Materia prima

18 toneladas de fruta de primera y segunda.

- Pelado

Se optó por usar un estanque de 2000 lt de capacidad para pelar 250 kg de tuna cada vez. Sin embargo ésto introdujo una gran alteración en los tiempos de proceso, dado que originalmente se planificó pelar en 3 horas las 5 toneladas de tuna; si a ésto se agrega que en lugar de procesar 5 toneladas se procesaron 18 ton., el período de pelado alcanzó a 21 horas.

No obstante las dificultades anteriores, las condiciones para efectuar el pelado industrial de la tuna fueron:

- Lejía al 15% de soda cáustica
- Temperatura 91 a 95°C
- Tiempo 6,5 a 8 minutos

- Descascarado/Selección

El lavado, para remover la soda y retirar la cutícula de la fruta, se realizó con un chorro de agua helada, a 70-100 lb/pulg² de presión.



En la mesa de selección se instalaron dos personas que removían los restos de cáscara que aún permanecían adheridos a la fruta.

- Molienda

Dado que la planta no cuenta con pulpadora/tamizadora, se usó un molino de martillos Bellmer para pulpar la fruta pero que partía un 40% de pepas aproximadamente.

- Prensado

El proceso de prensado de la fruta, para la obtención del jugo, se realizó en una prensa Bellmer de tela, disminuyendo la velocidad de la monobomba de alimentación al mínimo.

- Concentración

La etapa de concentración se realizó en un equipo UNIPEKTIN de 3 efectos con recuperador de aromas combinado con capacidad de 5.200 kg de agua evaporada/hora.

- Envasado

Por problemas operacionales, el producto caliente, recién salido del concentrador fue envasado en tambores de 60 galones. La homogenización previa, por imposición de la planta se hizo en la bomba alimentadora del estanque pulmón del concentrador.

Pese a las dificultades operacionales, ajenas a una condición normal de operación, en la prueba industrial se demostró que:

- Es posible obtener jugo de tuna, verde y estable, en una planta de jugos de manzanas.

- Las modificaciones a introducir en una planta de jugo de manzana son mínimas y de bajo costo de inversión.

6.3.3. Producto obtenido

Dado el poco tenor aromático de la tuna fresca, no se obtuvo aroma (recuperación) durante la concentración del jugo. Por otra parte, es importante hacer notar que al final de la concentración el jugo presentaba un color verde característico.

Sin embargo, el producto obtenido, se pardeó al cabo de 24 horas de su obtención, debido a que no fue enfriado rápidamente al salir del concentrador, puesto que en la planta no estaba conectado el equipo correspondiente. Cabe notar que en las experiencias en planta piloto, el enfriamiento oportuno cortó el pardeamiento del jugo.

En cuanto a la composición química de este jugo concentrado, cuyos valores se presentan en el cuadro 20, difieren con aquellos resultados presentados en el cuadro 17. La causa de esta situación se debe al uso de materias primas de distintas épocas de cosecha, incluso de años de producción diferentes.

En efecto, las pruebas industriales se realizaron con fruta de verano y para la temporada 1988; a diferencia de las pruebas a nivel piloto, en que prácticamente se recurrió a fruta invernal y para la temporada 1987.

Por otra parte, destaca en el jugo elaborado en AGRONA el mayor contenido de pectina consecuencia de haber retirado una menor cantidad de mucílago. Además, se debe resaltar el bajo contenido de ácido ascórbico; 60,20 mgr/100 gr, en relación a los valores informados en el cuadro 17 (promedio 129,43 mgr/100 gr), aún habiendo adicionado ácido ascórbico.

Este último hecho hace resaltar la necesidad de haber enfriado el jugo antes de salir del concentrador, lo cual se traduce en una sobrecocción de jugo y posterior pardeamiento, con el consecuente cambio de color (oxidación).

En la evaluación sensorial se apreció el efecto de la sobrección del jugo al obtener una baja calificación en "aroma y sabor", resumiéndose en una calidad general "aceptable al mínimo", en contraste con los jugos obtenidos en planta piloto.

Por otra parte, el uso combinado del sorbato de potasio y de la refrigeración permitieron obtener un jugo concentrado de buena calidad sanitaria, con niveles mínimos para el recuento total, hongos y levaduras y esporulados anaerobios; niveles que están dentro de los rangos permitidos en el Reglamento Sanitario de Alimentos. Además, se debe destacar la total ausencia de coliformes, uno de los gérmenes patógenos posibles de detectar en productos derivados de frutas y sometidos a un excesivo manipuleo.

Cabe hacer notar que todas las diferencias en el procesamiento industrial con respecto al de la planta piloto que incidieron en un deterioro relativo de las características del jugo, pueden solucionarse fácilmente como se indica en las conclusiones más adelante, de modo que se estima factible alcanzar características similares al producto procesado en planta piloto.

6.4. Análisis al aceite de semilla de tuna

De acuerdo con el cuadro 22, el aceite de semilla de tuna presenta alto contenido de ácido linoléico (61,4%), lo que demuestra un nivel importante de insaturación. Esta característica permitiría establecer que este aceite puede constituirse en una excelente fuente potencial de aceite comestible para consumo animal; concordando con lo establecido por Sawaya and Khan (20).

Además del ácido linoléico, otro ácido graso insaturado detectado en el aceite es el oléico (20,5%); de esta forma se obtiene sobre un 80% de insaturación, garantizándose un buen nivel de digestibilidad.

Otros ácidos grasos detectados son el palmítico (13,6%), ácido del tipo saturado; el esteárico (2,9%) y el palmitoléico (1,0%). Estos ácidos y sus valores concuerdan con lo reportado por Sawaya y Khan (20) y por Shaheen et al (23).

En relación a las características cosmetológicas del aceite, según los resultados obtenidos en las pruebas de toxicidad ocular y dérmica, se puede establecer que este producto puede constituirse en un elemento base para la elaboración de cremas faciales, maquillajes y similares.

6.5. Aprovechamiento de la paleta

En esta actividad se efectuaron ensayos exploratorios de elaboración de un producto imitación de fruta confitada. Como etapa de la línea de proceso, se contempló realizar determinaciones químicas a la paleta de tuna y cuyos resultados se presentan en el cuadro 16, discutidos en el punto 5.1.1. De acuerdo con los resultados de la evaluación sensorial, la paleta de tuna presenta buenas posibilidades de uso para confitar.

Otros usos posibles para la paleta de tuna se presentan en la bibliografía consultada entre los cuales se mencionan:

- uso como forraje succulento, tanto en consumo verde o henificado. En este caso, la especie se considera dentro de un plan de manejo de la pradera natural o formando líneas de protección de la pradera (13, 17).

- las paletas tiernas, de un año o de la temporada, tienen amplia aceptación en México como verdura (ensaladas) o como legumbres "nopalitos" (1, 3, 17).

- elaboración de una pasta, posible de usar como insumo en la preparación de alimentos balanceados para ganado, o bien como alimento directo para animales (5).

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los objetivos planteados en las cuatro etapas del estudio, y según los resultados obtenidos se pueden establecer las siguientes conclusiones:

1. De las pruebas de pelado de la fruta se estableció que el mejor resultado se logra con un pelado químico, a base de soda cáustica (hidróxido de sodio), y con las siguientes condiciones de trabajo:
 - concentración de la solución de soda : 10,3%
 - temperatura de la solución : 96°C
 - tiempo de inmersión de la fruta : 5 minutos

2. En las pruebas de elaboración de jugo concentrado, tanto clarificado como pulposo, no se obtuvieron resultados satisfactorios en cuanto a la calidad de éstos, toda vez que los resultados demuestran que ambos productos no se asocian con un jugo natural de tuna; si bien el jugo pulposo tiene una mejor aceptabilidad que el jugo clarificado. Este último no fue aceptado en las evaluaciones sensoriales con lo cual se descarta como alternativa para elaborar jugo concentrado. En el caso del jugo pulposo, el mejor resultado de aceptación se logra a partir de fruta pelada (sin cutícula) y con una concentración final de 67 a 70º Brix, no obstante que su aceptación es con reparos.

3. En vista a lo expuesto en el punto anterior, se investigaron nuevas posibilidades de elaboración de jugo llegando a definir un procedimiento que permitió conseguir un jugo concentrado adecuado, que tuvo una buena aceptación en las evaluaciones sensoriales al lograrse las características que permiten asociarlo con el jugo natural. El factor determinante en las buenas características de este jugo fue la mantención de una alta proporción del mucílago en el jugo, el cual en los procesos tradicionales se elimina totalmente.

El jugo se concentró hasta 55º Brix, puesto que la alta viscosidad que origina la presencia de mucílago no permite alcanzar concentraciones superiores. Para conseguir una buena conservación del jugo concentrado, dado que el pH es superior a 4,5 se adicionó ácido cítrico hasta conseguir un pH de 4,0 a 4,1 y adición de conservantes, sorbato de potasio, en dosis de 0,1%; además de ácido ascórbico en dosis de 300 mgr/lt de jugo como agente antioxidante, complementándose con un almacenamiento refrigerado entre 0 y -2º C.

4. En la prueba que se hizo en la Planta AGRONA, que está dedicada a la producción de jugo de manzana, dado que hubo que improvisar aquellos elementos y operaciones adicionales que requiere el procesado de tunas, no se obtuvieron las más adecuadas condiciones de procesamiento para este último tipo de producto. Sin embargo, se pudo sacar conclusiones válidas en cuanto a las medidas que es necesario tomar en una planta de esta naturaleza para conseguir un mejor producto. Estas medidas son de fácil realización desde el punto de vista operacional y, en lo que se refiere a infraestructuras adicionales ellas son mínimas y de bajo costo.

Las conclusiones al respecto son las siguientes:

- a. Para el pelado con soda debe contarse con tres o cuatro escaldadores, con un total de cuatro canastillos para conseguir una continuidad de proceso. Los escaldadores son estanques de acero inoxidable calentados con el sistema de doble camisa o con serpentines, en que el volumen de ellos varía de 150 a 200 litros cada uno.
- b. Debe disponerse de un volumen adecuado de agua, con dispositivos para impulsar agua a una presión adecuada para que al incidir sobre las tunas, separe eficientemente las cáscaras.

- c. Para efectuar la molienda se debe usar una tamizadora que permite la separación de las pepas sin provocar su ruptura.
- d. En el prensado/reprensado, al resolver la operación continua de pelado con soda, automáticamente queda resuelto el problema de reprensado que se presentó en la prueba realizada.
- e. La concentración es la etapa que más influye en la calidad del jugo y las soluciones correspondientes no involucran sino una adecuada operación del concentrador. Básicamente esta se refiere a los siguientes puntos: la extracción del producto del tercer cuerpo debe hacerse con una monobomba (por falta de ésta en la prueba tuvo que usarse una bomba centrífuga); se deben sacar los filtros que habitualmente se usan para el jugo de manzana, lo cual es muy sencillo puesto que éstos normalmente deben ser extraídos para su limpieza; la temperatura en el tercer efecto debe aumentarse sobre los 80°C, preferiblemente 90 a 95°C; es indispensable enfriar rápidamente el producto a la salida del concentrador para evitar su pardeamiento, lo cual puede realizarse con los medios existentes en la planta.
- f. Por último, la homogenización del producto con los aditivos debe hacerse inmediatamente después del enfriamiento.

5. De los sub-productos industrializados se concluye:

- El aceite presenta buenas características comestibles debido al alto porcentaje de ácidos grasos insaturados (linoléico y oléico, principalmente), como buenas propiedades cosmetológicas ya que no provoca irritación ocular ni dérmica.

Sin embargo, dado los volúmenes limitados que se podrían obtener de aceite de las pepas de tuna, su posible uso se reduciría a la incorporación en cosméticos.

- En las paletas, se establece la factibilidad de utilizarla como materia prima base para la elaboración de un producto imitación fruta confitada, constituyéndose en una alternativa de otras materias primas como por ejemplo, cáscara de sandía.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ABARCA A., M. EUGENIA, 1971. Estudio de la tuna para su industrialización. Tesis para obtener el título de Ingeniero Químico, Universidad Autónoma de Puebla, Escuela de Ingeniería Química. Puebla, México, 83 pp.
2. ASKAR, A. and EL-SAMAHY S.K. 1981 Chemical composition of prickly pear fruits. *Deutsche Lebensmittel Rundschau* 77 (8): 279-281.
3. BECERRA R.H.; GARFUNKEL A.M.; GONZALEZ R.A. y TREVEDAN S.S. 1969. Estudio teórico experimental sobre el aprovechamiento del nopal. Tesis para optar al título de Ingeniero Químico. Universidad Autónoma de México, Facultad de Química. México D.F. 123 pp.
4. BUSTOS, O. 1984. Alcoholic beverage from chilean Opuntia ficus indica. *American Journal Enology and Vitic.* 32 (3): 228-229.
5. CIGALA, S. 1979. Industrialización integral de la tuna cardona. Tesis para optar al título de Ingeniero Químico Industrial. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. México D.F. 198 pp.
6. ESPINOZA A., J.; BORROCAL A.,R.; JARA C., M.; ZORRILLA G.,C.; ZANABRIA P.C.; et MEDINA T.,J.; 1973. Quelques propriétés et essais préliminaires de conservation des fruits et du jus de figue de barbarie (Opuntia ficus indica). *Fruits* 28 (4): 285-289
7. FEITOSA T., F.; WARREN S., J.; BROWN, A. and WHITING, F. 1984. Amino and organic acids of the prickly pear cactus (Opuntia ficus indica L.) *J. Sci. Food Agric.* 35: 421-425

8. FLATH, R. and TAKAHASI, J. 1978. Volatile constituents of prickly pear (Opuntia ficus indica Mill, de Castilla variety). J. Agric. Food Chem. 26 (4) : 835-837
9. HEPNER, K. 1987. Opuntia: ¿un cultivo para la próxima década?. Próxima Década 5 (63): 8-13.
10. KARL S., L.; SANDERSON, G.; MOYNA, P. and RAMOS, G. 1975. Cactaceae mucilage composition. J. Sci. Food Agric. 26; 993-1000.
11. LOPEZ, C. 1985. Cultivo de la tuna y sus perspectivas económicas. El Campesino 116 (1): 32-39.
12. MELLA M. ANGELICA. Estudio bromatológico de tunas (Opuntia ficus indica M) y peras (Pyrus communis) 94-98 s.a.s.v.s.c.
13. ORTIZ, J.; WILLIAMS, E. y ESQUIVEL, T. 1966. Opuntias cultivadas para producción de miel, fruta y forraje suculento. Ministerio de Agricultura, Boletín Técnico Nº 19, Santiago de Chile. 13 pp.
14. ORTUÑO, TERESA. 1951. Aportación al estudio de la goma del nopal. Tesis para obtener el título de Químico. Universidad Autónoma de México, Facultad de Ciencias Químicas. México D.F., 39 pp.
15. PAREDES, O. y ROJO, R. 1973. Estudio para el enlatado de jugo de tuna. Tecnología de Alimentos. Sep.-Octubre: 237-240. México.
16. REÑASCO, G., y MARTINEZ, S. 1976. El cultivo de tunaes. ODEPA. Ministerio de Agricultura. Santiago de Chile. 35 pp.
17. SAENZ, CARMEN. 1985. La tuna (Opuntia ficus indica): un cultivo con perspectivas. Alimentos 10 (3): 47-49.

18. SAMISH, Y. and ELLERN, S. 1975. Titrable acids un Opuntia ficus indica L. Journal of range management 28 (5): 365-369.
19. SAWAYA, W.; KHALIL, J. and Al-MOHAMMAD, M. 1983. Nutritive value of prickly pear seeds, Opuntia ficus indica.
20. _____; and KHAN, P. 1982. Chemical characterization of prickly pear seed oil, Opuntia ficus indica. Journal of Food Science 47: 2060-2061.
21. KHATCHADOURIAN, H.; SAFI, W. and AL-MOHAMMAD, M. 1983. Chemical characterization of prickly pear pulp, Opuntia ficus indica, and the manufacturing of prickly pear jam. Journal Food Technol. 18: 183-193.
22. SHAHEEN, A.; HASHEM, H.; and RADHWAN, H. 1980. The chemical composition of prickly pear seeds. Mesopotamia Journal Agric. 15 (2): 135-141.
23. _____; _____ and _____. 1980. Chemical and physical properties of prickly pear seed oil. Mesopotamia Journal. Agric. 15 (2): 143-149.
24. TIRONI, FEDORA y ZUÑIGA, XIMENA. 1983. Aspectos tecnológicos y socio-económicos de la producción de tunas en las comunas de Til-Til y Pudahuel, Región Metropolitana. Tesis de grado para optar al grado de Licenciado en Ciencias Agrícolas. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Escuela de Agronomía, Santiago, Chile, 135 pp.
25. UNIVERSIDAD DE CHILE. 1978. Conservación de tunas. Facultad de Ciencias Agrarias, Depto. Producción Agrícola. 35 pp.

26. YAGNAM, F. 1986. La tuna y sus posibilidades agroindustriales. Próxima Década 4 (52): 6-11.

9. ANEXOS

En este capítulo se incluyen los siguientes anexos:

- Anexo I : Procedimiento. Etapa 1.
- Anexo II : Procesamiento (Laboratorio/Planta Piloto) Etapa 2
Tratamientos de estabilidad en almacenamiento del jugo concentrado pulposo más mucílago.
Metodología evaluación sensorial jugos concentrados de tuna pulposos más mucílago.
- Anexo III : Procesamiento (Industrial). Etapa 3.
- Anexo IV ; Procesamiento (Sub-producto). Etapa 4
Procedimiento elaboración fruta confitada

1914

1915

1916

1917

1918

1919

1920

1921

1922

1923

ANEXO 1

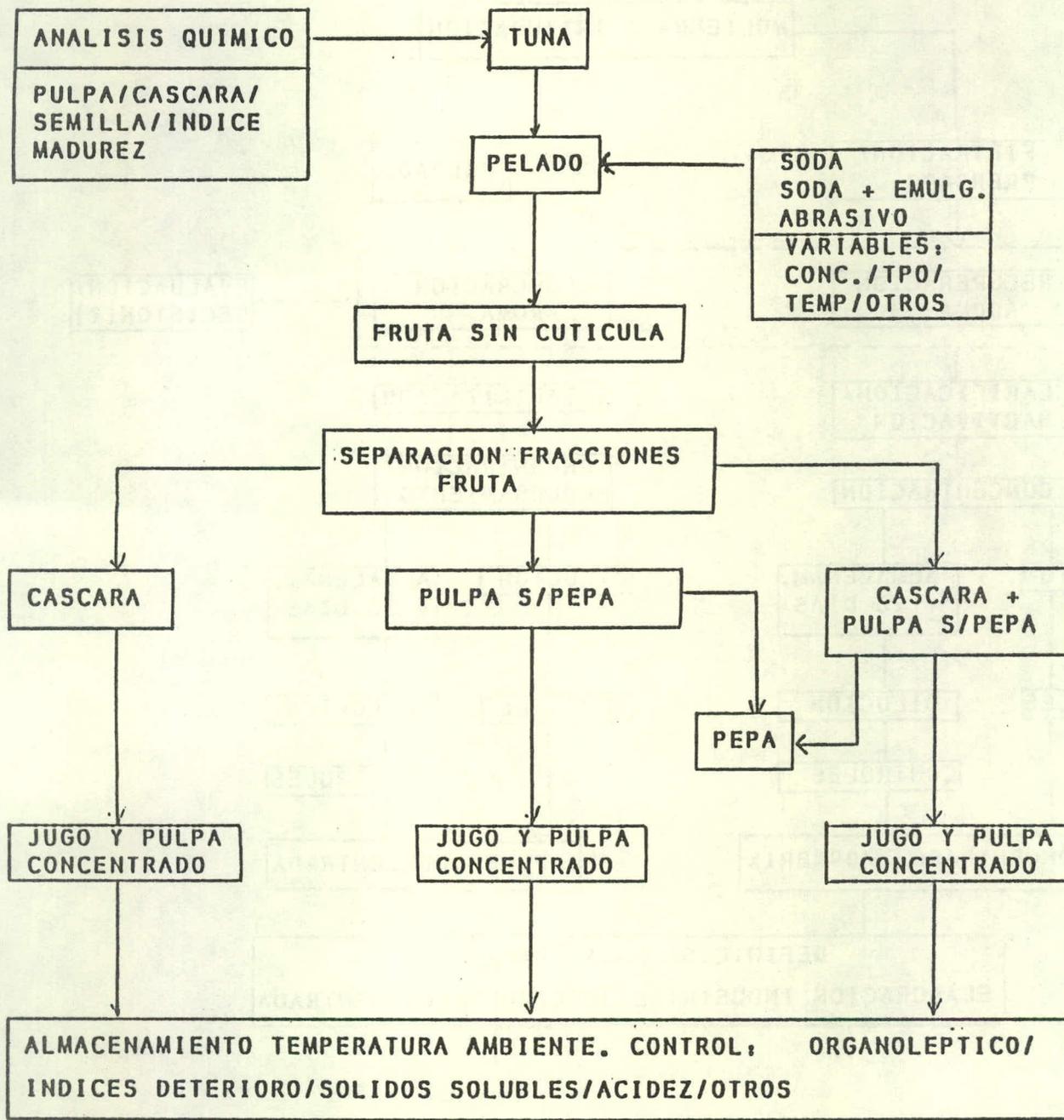
PROCEDIMIENTO. ETAPA 1

ALFRED

PROBATION

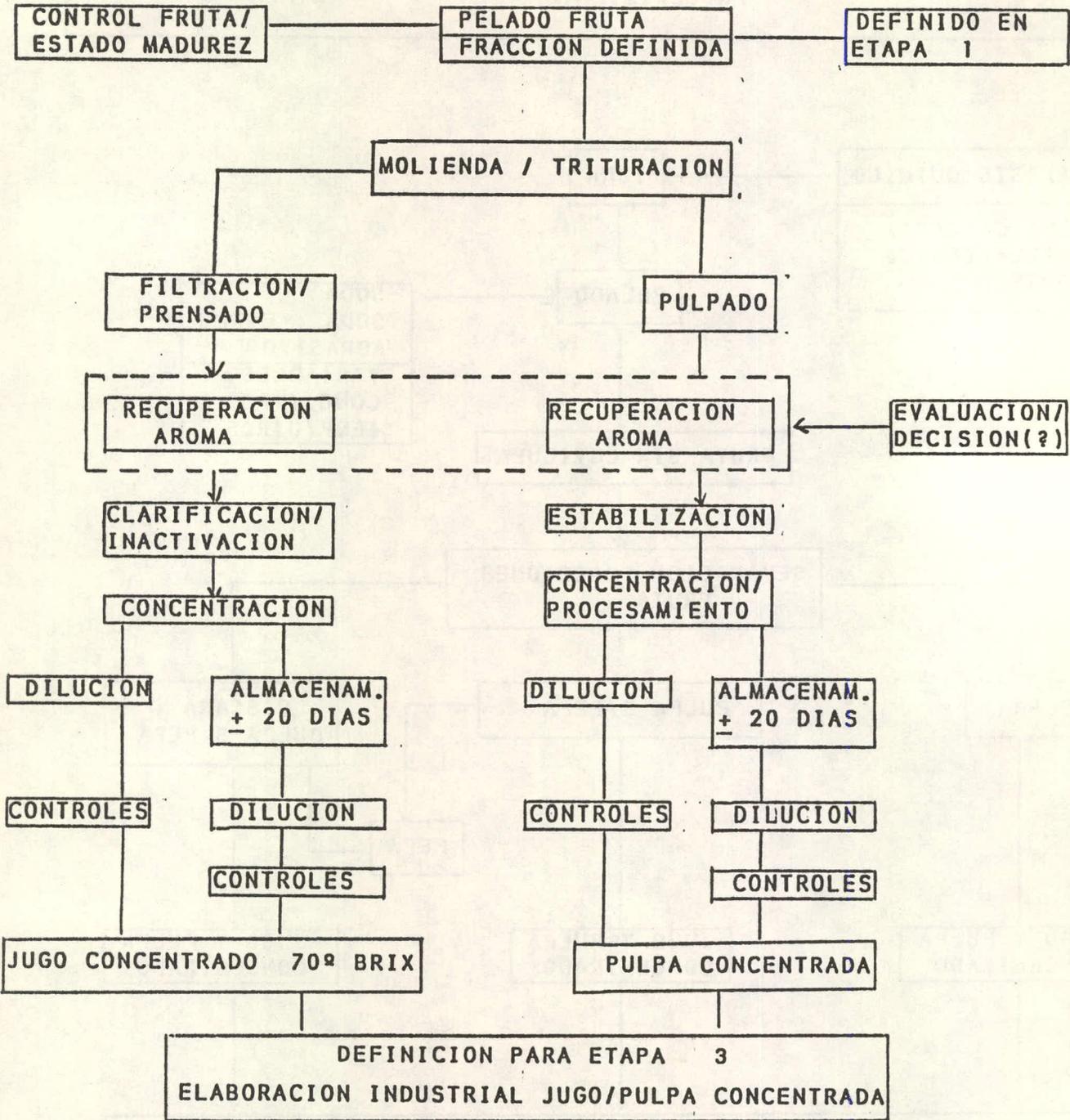
PROCEDIMIENTO

ETAPA 1



DEFINICION LINEA A SEGUIR

2.1. PROCESAMIENTO (LAB./PLANTA PILOTO) ETAPA 2



2.2. TRATAMIENTOS DE ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO DEL JUGO CONCENTRADO PULPOSO MAS MUCILAGO

TRATAMIENTO Nº	ACIDO CITRICO (mgr/lt)	ACIDO ASCORBICO (mgr/lt)	SORBATO DE SODIO (mgr/lt)	Tº ALMACENAMIENTO (º C)
1 (Testigo)	-	-	-	20
2 (Testigo)	-	-	-	-2
3	300	200	-	-2
4	300	200	1,0	-2
5	500	500	-	-2
6	-	500	1,0	-2
7	-	-	1,0	-2
8	200	300	1,0	-2

2.3. METODOLOGIA EVALUACION SENSORIAL JUGOS CONCENTRADOS DE TUNA PULPOSOS MAS MUCILAGO

1. Muestras

A cada uno de los jugos concentrados se les determinó, º Brix, y a los jugos reconstituidos º Brix, pH y acidez.

Las muestras se analizaron en bloques al azar con el siguiente orden:

Bloque A : Constituido por muestras Nº 1, Nº 2 y Nº 4

Bloque B : Constituido por muestras Nº 5, Nº 6 y Nº 3

Bloque C : Constituido por muestras Nº 7 y Nº 8

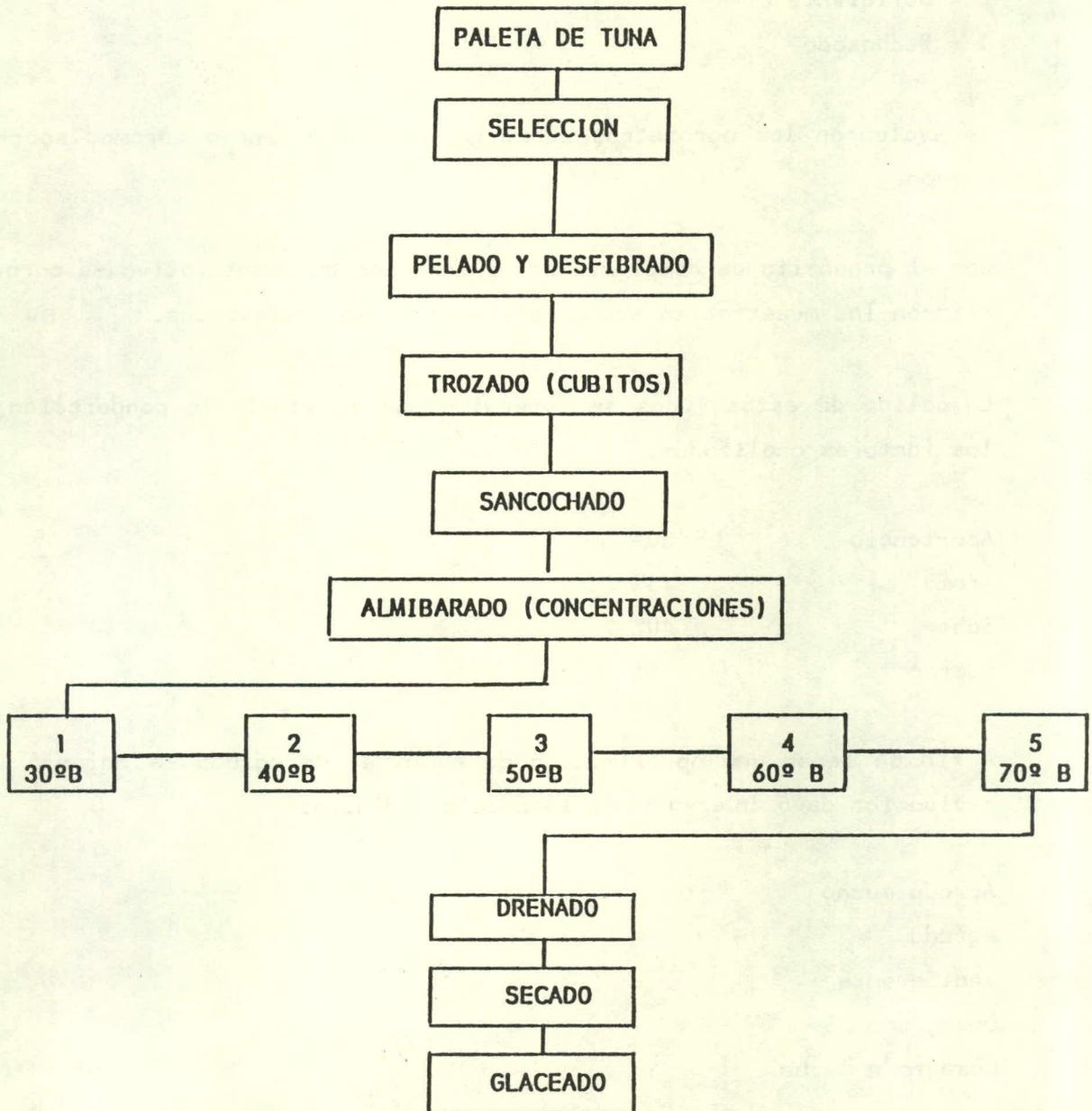
2. Método

Se utilizó una escala de clasificación de siete intervalos con la siguiente ponderación:

ANEXO II

PROCESAMIENTO (LAB./P. PILOTO). ETAPA 2

PROCEDIMIENTO ELABORACION FRUTA CONFITADA



- 7 = Muy Buena
- 6 = Buena
- 5 = Satisfactoria
- 4 = Aceptable
- 3 = Aceptable con reparos
- 2 = Deficiente
- 1 = Rechazada

Se evaluaron los parámetros sensoriales de apariencia, aroma, sabor y cuerpo.

Con el propósito de complementar la información cuantitativa se caracterizaron las muestras en sus constituyentes más relevantes.

La calida de estos jugos se determinó por la siguiente ponderación de los factores analizados:

Apariencia	30%
Aroma	15%
Sabor	40%
Cuerpo	15%

A fin de tener una aproximación de su nivel de agrado se adjuntó una evaluación de 5 intervalos de la Escala Hedónica.

- Agrada mucho
- Agrada
- Indiferente
- Desagrada
- Desagrada mucho

Se trabajó con 10 panelistas entrenados

ANEXO 3

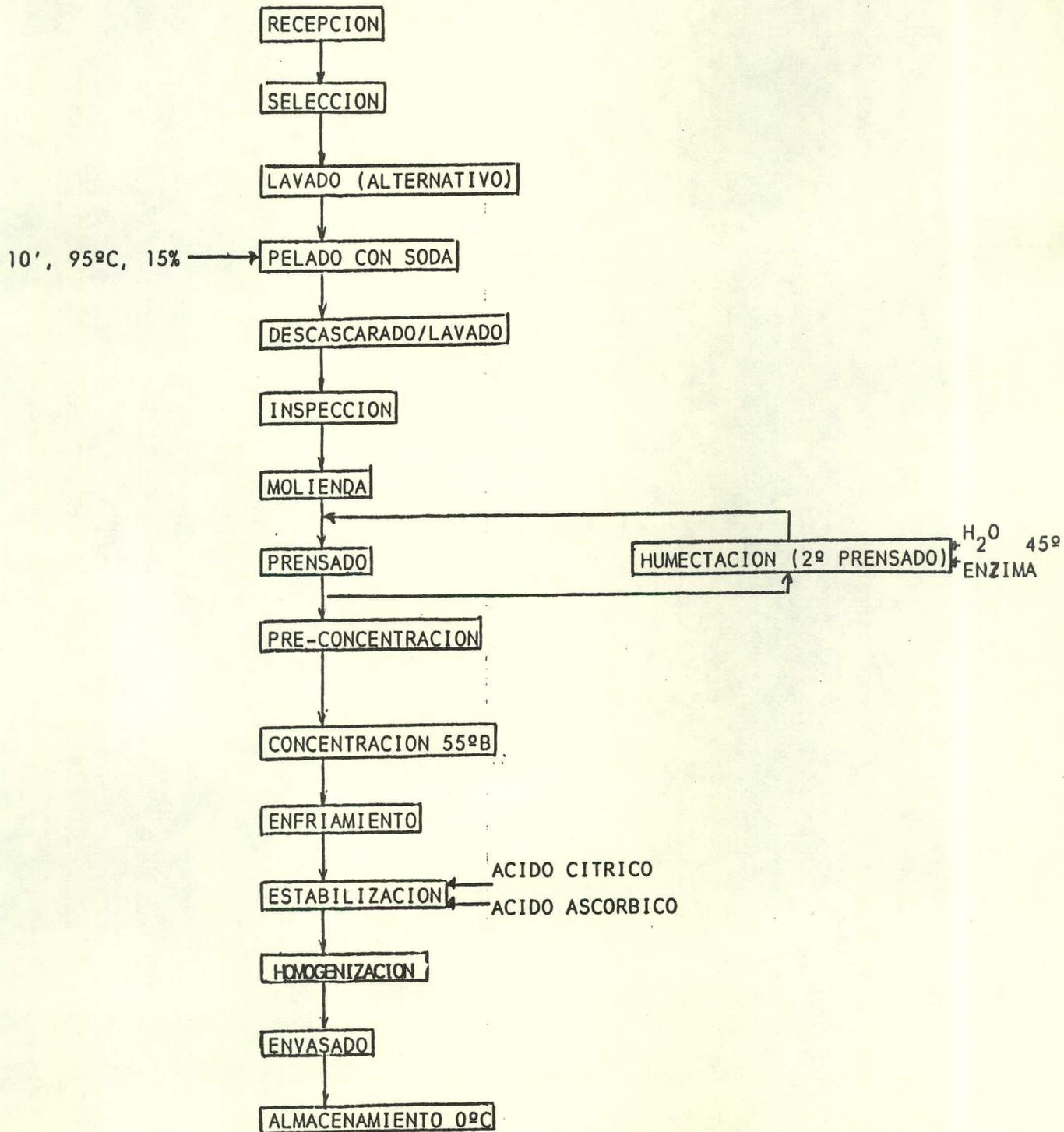
PROCESAMIENTO (INDUSTRIAL). ETAPA 3

AMERICAN

PHOTOGRAPHIC SERVICE

PROCESAMIENTO (INDUSTRIAL). ETAPA. 3

ESTIMACION DEL DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCION DE JUGO DE TUNA



THE UNIVERSITY OF CHICAGO

DEPARTMENT OF CHEMISTRY

RESEARCH

ANEXO 4

PROCESAMIENTO (SUB-PRODUCTO). ETAPA 4

PROCEDIMIENTO ELABORACION FRUTA CONFITADA

PROCESAMIENTO (SUB-PRODUCTO) ETAPA 4

