

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Extracción de pectina líquida a partir de cáscaras de Maracuyá
(Passiflora edulis) y su aplicación en el desarrollo de un producto de
humedad intermedia”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA DE ALIMENTOS

Presentada por:

Mariella Alexandra Rivadeneira Ávila

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2009

AGRADECIMIENTO

A Dios por acompañarme en cada paso.

A mis padres quienes sin escatimar esfuerzo alguno han sacrificado gran parte de su vida para formarme, educarme y guiarme con amor. A quienes la ilusión más grande de su vida ha sido convertirme en una persona de provecho.

Por eso hago este triunfo compartido solo esperando que comprendan que mis ideales y esfuerzos son inspirados en

ustedes y que la fuerza que me ayuda a conseguirlo es su apoyo.

A mis hermanos Daniel, Arturo y Diana por estar junto a mí, por su afecto y por ser parte de mi camino.

A mis amigos que colaboraron de diversas maneras en la culminación de este trabajo con su constante ánimo y cariño. Y de manera especial al Ing. Patricio Cáceres por su ayuda invaluable y formación académica.

DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Francisco Andrade S.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Patricio Cáceres C
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Karín Coello C.
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Mariella Alexandra Rivadeneira Ávila

RESUMEN

El presente estudio va dirigido al aprovechamiento integral de residuos de plantas procesadoras de concentrado de maracuyá, enfocado a la búsqueda de compuestos potenciales como la pectina que otorgan una utilidad a la industria de los alimentos.

Para la extracción de pectina líquida se estudia el tratamiento y análisis de las cáscaras de maracuyá como materia prima, empleando la variedad *Passiflora edulis flavicarpa*, además del proceso de obtención de material gelificante mediante la experimentación en laboratorio basado en patentes de métodos de hidrólisis ácida, determinando parámetros adecuados como la temperatura, pH y tiempo que influyen en la calidad evidenciada en el contenido de ácido galacturónico y grado de esterificación dando como resultado su capacidad de gelificación.

Siendo este aditivo un producto tecnológicamente funcional se evalúa su aplicación en el desarrollo de un alimento de humedad intermedia como es la mermelada de piña, basándose el diseño de la fórmula en combinaciones arrojadas por los factores correspondientes a porcentaje de fruta y extracto a diferentes niveles proporcionando tres tratamientos que fueron analizados

sensorialmente. La formulación seleccionada tuvo un nivel de sustitución del 11.5% de fruta por extracto de pectina líquido la que fue sometida a pruebas sensoriales con 30 jueces consumidores, siendo el resultado promedio de +2 equivalente a muy agradable. Además del análisis sensorial del efecto del reemplazo de este ingrediente mediante prueba discriminativa triangular para establecer si existe diferencia con una muestra de marca comercial utilizando 12 jueces semientrenados.

Para completar esta investigación se planteo una línea de producción con una capacidad de 201 Ton/mes de cáscara, sugiriendo además equipos adecuados.

Este estudio permitió confirmar que es favorable la utilización de cáscaras de esta fruta para la extracción de pectina en condiciones óptimas generando rendimientos aceptables con características reológicas de interés para la industria.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	VIII

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES	1
1.1 Materia Prima	1
1.1.1 Maracuyá	1
1.1.2 Estructura del fruto.....	4
1.1.2.1 Morfología de la maracuyá	4
1.1.2.2 Composición química	6
1.1.3 Exportaciones	7
1.2 Pectina	10
1.2.1 Evolución de la pectina en la madurez del fruto.....	10
1.2.2 Propiedades Físicas y Químicas de las Pectinas.....	15
1.2.3 Tipos de pectina.....	16
1.2.4 Método convencional de extracción de pectina.....	18
1.3 Semiconservas	21
1.3.1 Procesos de Elaboración	21
1.3.2 Ingredientes	22

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS	27
2.1 Caracterización de la Materia Prima para la extracción de pectina	27
2.2 Proceso de extracción experimental de Pectina.....	28
2.2.1 Análisis de la calidad de pectina obtenida.....	30
2.3 Pruebas experimentales.....	36
2.3.1 Diseño de Experimentos	36
2.3.2 Pruebas de aceptabilidad.....	40

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DEL PROCESO Y LÍNEA DE PRODUCCIÓN	46
3.1 Diseño del proceso de obtención del extracto de pectina	46
3.2 Diseño del proceso de las semiconservas	50
3.3 Determinación de las operaciones de producción del extracto de Pectina.....	51
3.4 Selección de equipos adecuados	52
3.5 Análisis de costos directos	59

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
---	----

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

°C	Grados Centígrados
AG	Acido Galacturónico
aw	Actividad de agua
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
c/ton	Cada Tonelada
DMS	Diferencia mínima significativa
F	Relación de variación Fisher
FAO	Food and Agriculture Organization
GE	Grados de esterificación
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
Kg	Kilogramo
Kw	Kilowatt
l	Litro
mg	Miligramo
min	Minuto
ml	Mililitro
N	Normalidad
rpm	Revoluciones por minuto
Ton	Toneladas
Ton/mes	Toneladas al mes

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Principales productores de Maracuyá.....	3
Figura 1.2	Estructura de la Maracuyá	5
Figura 1.3	Estructura de la pared celular	6
Figura 1.4	Exportaciones de concentrado de Maracuyá.	8
Figura 1.5	Escala de colores del grado de maduración de la Maracuyá....	11
Figura 1.6	Evolución química de las sustancias pécticas	11
Figura 1.7	Reacción de desmetoxilación catalizada por la enzima pectino- esterasa.....	13
Figura 3.1	Diagrama de flujo del proceso de obtención del extracto de pectina.....	48
Figura 3.2	Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de semiconservas	51
Figura 3.3	Diagrama de operaciones de extracción de pectina	52
Figura 3.4	Diagrama de equipos del proceso para la obtención de extracto de pectina.....	55
Figura 3.5	Layout de la planta de procesamiento	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Composición de la pared celular en relación con el grado de maduración de la planta	14
Tabla 2	Caracterización de la maracuyá como materia prima	28
Tabla 3	Parámetros óptimos de producción de extracto	30
Tabla 4	Análisis de identificación de existencia de pectina.....	31
Tabla 5	Resultado de los análisis químicos del extracto.....	32
Tabla 6	Análisis químico de la pectina.....	34
Tabla 7	Azúcares neutros que forman parte de la pectina presente en la cáscara de maracuyá	34
Tabla 8	Características organolépticas del extracto obtenido.....	35
Tabla 9	Factores y niveles del diseño de experimentos.....	38
Tabla 10	Número de muestras.....	38
Tabla 11	Elaboración de muestras	39
Tabla 12	Escala hedónica.....	41
Tabla 13	Resultados de medias pruebas afectivas.....	42
Tabla 14	Característica de la semiconserva elaborada con extracto de pectina	45
Tabla 15	Parámetros de materia prima.....	48
Tabla 16	Parámetros del proceso	49
Tabla 17	Costos de materia prima	60
Tabla 18	Costos de mano de obra.....	61
Tabla 19	Estados de costos.....	62

INTRODUCCIÓN

La pectina es reconocida por la FAO como un aditivo seguro el cual no tiene restricciones de uso, es un hidrocoloide fundamental en el procesamiento de los alimentos ya que crea y modifica la textura de compotas, jaleas y mermelada.

Hoy en día se hace necesario el procesamiento de materiales de desecho para disminuir el impacto ambiental, siendo útil la inversión de capital en el tratamiento del mismo, esta evolución toma en manifiesto el aprovechamiento integral de subproductos considerados como residuos buscando posibles compuestos que puedan otorgarle un valor agregado.

El presente trabajo trata de la “Extracción de pectina líquida a partir de cáscaras de Maracuyá y su aplicación en el desarrollo de un producto de humedad intermedia”, donde se analiza y describe las pruebas experimentales para la producción, caracterización y análisis de calidad del extracto de pectina, siguiendo parámetros ya establecidos para su obtención, se presenta además la determinación de las proporciones óptimas para su aplicación en un producto a fin como es la mermelada de piña y finalmente se evalúa la calidad y aceptación del producto con la pectina obtenida mediante pruebas sensoriales.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 Materia Prima

1.1.1 Maracuyá

El maracuyá es una planta de origen tropical, conocida también como fruta de la pasión, se utiliza la variedad *Pasiflora edulis flavicarpa* que es la más cultivada, presenta un sabor dulce particular intenso y una acidez alta, muy apreciado en los países norteamericanos, europeos y asiáticos que demandan esta fruta con gran interés. Su jugo es ácido y aromático; se obtiene del arilo, tejido que rodea a la semilla, y es una excelente fuente de

Vitamina C, Vitamina A, Potasio, Magnesio y Ácido Fólico; así también la cáscara es rica en pectina y las semillas tienen alto contenido de aceite con gran valor nutritivo y fácilmente digerible.

Esta fruta es de vital importancia para muchos agricultores en vista de que alrededor de 50 mil familias se benefician directa o indirectamente de esta actividad. A diferencia de otros productos agrícolas, el cultivo de maracuyá requiere una mínima inversión y tiene un rendimiento importante de producción.

Actualmente el concentrado de maracuyá es utilizado por la industria como un ingrediente para elaborar bebidas de frutas tropicales, purés, mermeladas, alimentos para bebés, helados, yogures, chocolates, entre otros.

Demanda

El incremento de la demanda mundial de jugo concentrado de maracuyá se debe principalmente a la creciente popularidad de

jugos multifrutales, bebidas de sabores exóticos y bebidas multivitamínicas, particularmente en Europa y Estados Unidos.

Entre los principales productores de esta fruta están Brasil, Colombia, China, Perú, y Ecuador.

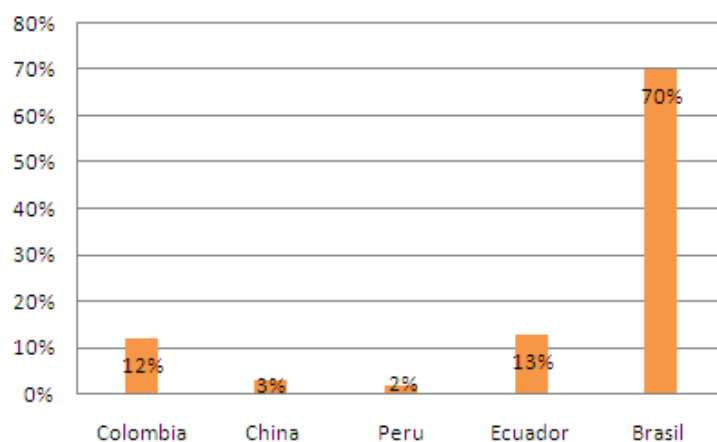


FIGURA 1.1 PRINCIPALES PRODUCTORES DE MARACUYÁ

A pesar de que Brasil es el mayor productor de Maracuyá su participación en el mercado mundial sólo representa el 10%, ya que destina al mercado interno gran parte de su producción, comercializando dentro del país el 70% como fruta fresca y el 30% restante como jugo y concentrado.

1.1.2 Estructura del fruto

1.1.2.1 Morfología de la maracuyá

Al hablar de morfología de la maracuyá se menciona las partes del fruto que componen su estructura, como se puede observar en la Figura 1.2, donde el Exocarpio es la cáscara o corteza del fruto, que tiene una apariencia lisa y está recubierto de cera natural que le da brillo y el color varía desde el verde a amarillo canario cuando está maduro.

La siguiente capa es el Mesocarpio que es la parte blanda porosa y blanca formada principalmente por pectina, tiene un grosor aproximadamente de 6 mm y por último la placenta que es una especie de bolsa compuesta de funículos que sostienen los arilos, éstos son los que contienen el jugo y envuelven a las semillas.

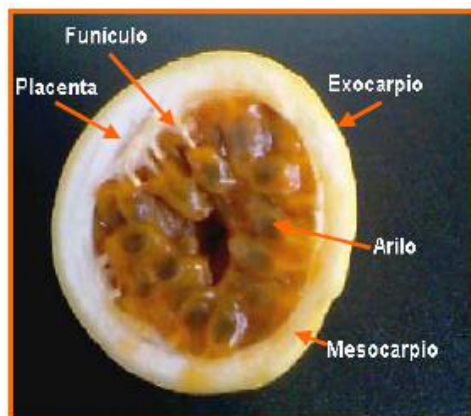


FIGURA 1.2 ESTRUCTURA DE LA MARACUYÁ

La pectina se deposita principalmente en la lámina media de las paredes celulares vegetales, es decir, en el Mesocarpio, siendo los tejidos mesenquimáticos y parenquimáticos particularmente ricos por sustancias pécticas, celulosa y hemicelulosa, las sustancias pécticas tienen la función de ser estructurales; dando forma, confiriendo elasticidad o rigidez, protección, soporte además de ser agentes de hidratación, formando redes como se observa en la Figura 1.3, constituyendo del 21 al 30% del peso seco de la pared celular primaria.

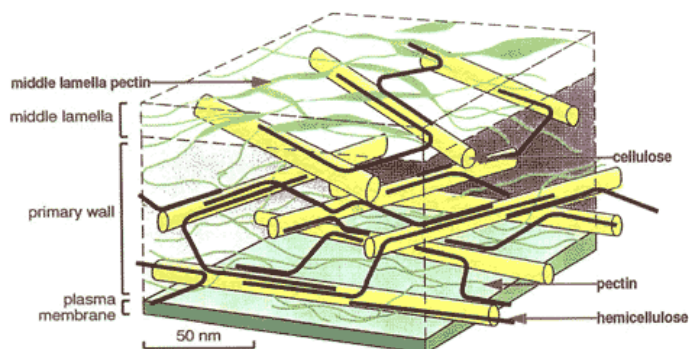


FIGURA 1.3 ESTRUCTURA DE LA PARED CELULAR

1.1.2.2 Composición química

El fruto de la maracuyá está compuesto por agua que es el constituyente principal de frutas y hortalizas, se encuentra en dilución formando parte de soluciones con minerales o agua ligada presente en la membrana del citoplasma y núcleo, y agua de constitución, que está directamente ligada a los componentes de las moléculas químicas y la cuál es difícil de remover.

Por otro lado, están los carbohidratos totales (Glucósidos y azúcares) que son la suma de azúcares sencillos,

polisacáridos (almidón, celulosa y hemicelulosa), y sustancias pécticas.

Dentro de las sustancias pécticas, se tiene a la pectina, un polisacárido coloidal y complejo que forma parte de la estructura de las frutas como se explicó anteriormente.

1.1.3 Exportaciones

En Ecuador, las exportaciones de concentrado de maracuyá se iniciaron en la década de los 90 y desde entonces se ha experimentado un incremento considerable con excepción de los años 1993, 1998 y 2001 a causa del Fenómeno del Niño. El nivel máximo de exportaciones se alcanzó en el año 2000, con una cifra récord de más de 27 mil toneladas métricas.

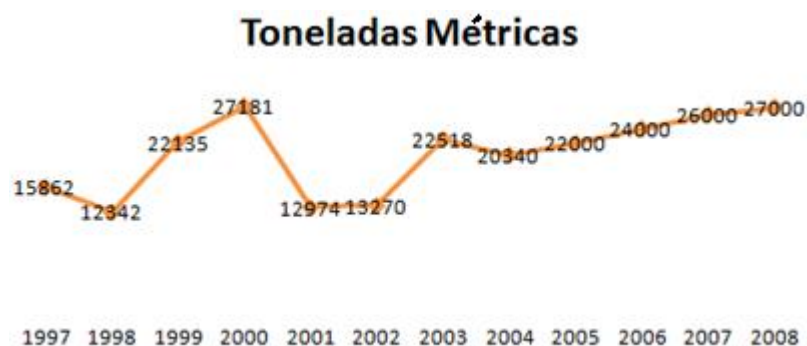


FIGURA 1.4 EXPORTACIONES DE CONCENTRADO DE MARACUYÁ.

FUENTE: BANCO CENTRAL DEL ECUADOR - CORPEI

En el 2003 se presentó un incremento del total exportado del 83%, siendo un año importante para el Ecuador en cuanto al precio de venta internacional.

La Unión Europea y Estados Unidos son considerados como mercados estables para el jugo concentrado de maracuyá ecuatoriano estimándose 2,500 toneladas métricas anuales de importación por parte de Estados Unidos y 8,000 toneladas métricas por parte de Europa, registrando volúmenes constantes e interesantes.

Disponibilidad de Materia Prima

En los últimos años Ecuador se ha convertido en el principal proveedor de jugo concentrado de maracuyá en el mundo. El privilegiado clima tropical ecuatoriano permite que exista una cosecha ininterrumpida durante todo el año con dos picos de producción en el periodo de Abril a Junio y el segundo en Octubre, con un volumen disponible de alrededor de 28 mil hectáreas sembradas en todo el Ecuador considerando un rendimiento promedio de 12 toneladas métricas distribuidas en las principales zonas de producción ubicadas en Quevedo, Vinces, Guayaquil y Machala, las cuales abastecen las seis plantas procesadoras exportadoras de concentrado de maracuyá en el Ecuador. Véase el detalle en Anexo A.

El 75% de esta producción se deriva a la industrialización, básicamente destinada a la obtención de jugo pasteurizado concentrado que origina un desecho compuesto de cáscara y semillas que representa un 70% del material saliente en el proceso en relación de la materia entrante. Es decir, de 100g de

maracuyá que ingresa al proceso, 30g es jugo y 70g pertenecen al peso de cáscara y semillas. En Ecuador la cáscara se la destina a la alimentación de ganado, además es utilizado como abono en algunas plantaciones.

1.2 Pectina

Industrialmente la pectina se obtiene a partir de las materias de desechos de las procesadoras de zumos de frutas principalmente del género Citrus Rutaceae que abarca la variedad de cítricos en especial la naranja y de la manzana cuya especie es Rosaceae.

1.2.1 Evolución de la pectina en la madurez del fruto

El cambio de coloración del fruto se puede emplear como índice práctico de madurez para la cosecha, pues su variación se correlaciona con un cambio en la composición química interna del fruto, evidenciando también cambios en la textura y variación en la consistencia.

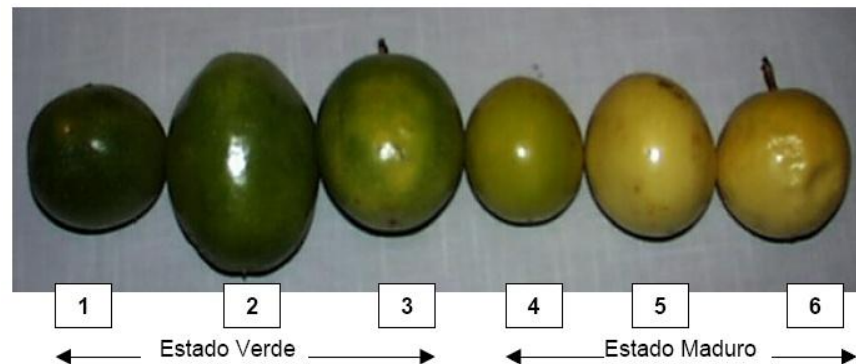


FIGURA 1.5 ESCALA DE COLORES DEL GRADO DE MADURACIÓN DE LA MARACUYÁ

Los cambios tangibles como la pérdida de rigidez están asociados con la solubilización progresiva y despolimerización de las sustancias pécticas, evolucionando con el tiempo de forma gradual de protopectinas insolubles a pectinas solubles. Figura 1.6 (1).

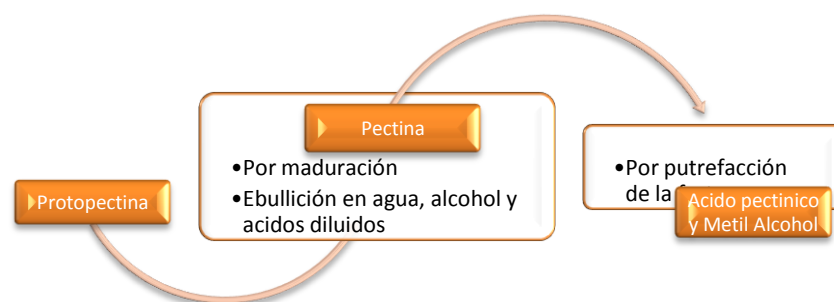
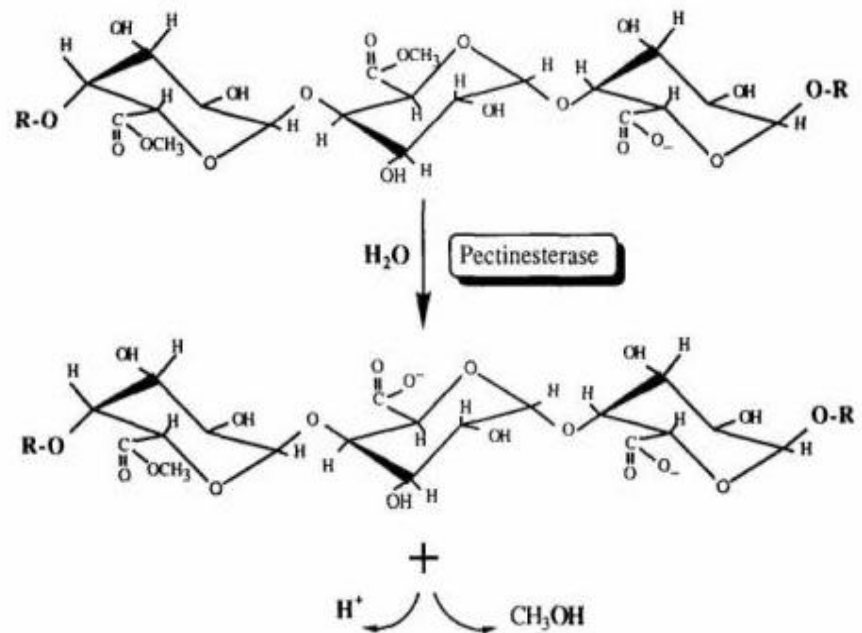


FIGURA 1.6 EVOLUCIÓN QUÍMICA DE LAS SUSTANCIAS PÉCTICAS

La etapa intermedia que corresponde a la sustancia llamada pectina es la sustancia de utilidad en la industria alimentaria por tener la capacidad de modificar texturas en semiconservas en el procesamiento de los alimentos, formando geles en presencia de azúcar, ácido y agua en proporciones adecuadas.

A medida que las sustancias pécticas evolucionan al producirse la maduración en los tejidos vegetales disminuye su contenido de metoxilos o grado de esterificación (GE) que caracteriza a la pectina y es lo que determina su utilidad, este índice es definido como el número de residuos de ácido galacturónico esterificados sobre el total de ellos expresado en tanto por ciento.

Todo este proceso de variación se deriva de la acción de la pectino-esterasa que cataliza las reacciones de desmetoxilación como se muestra en la Figura 1.7.



**FIGURA 1.7 REACCIÓN DE DESMETOXILACIÓN
CATALIZADA POR LA ENZIMA PECTINO-ESTERASA**

Dependiendo del grado de esterificación o contenido de metoxilo las sustancias pécticas pueden ser coloidales o solubles en agua.

La acción completa de la pectino-esterasa conduce a la eliminación total de los grupos metilester, dando lugar a los ácidos pécticos presentes en las frutas sobremaduras, sustancia desprovista de la capacidad de gelificación.

Por lo tanto las cáscaras de maracuyá verde indican mejores resultados en la extracción por comportamientos propios de las paredes celulares de todos los vegetales, sin embargo nuestro estudio va dirigido al aprovechamiento del desperdicio de las plantas procesadoras de concentrado de maracuyá es por esto que se tomó como materia prima la maracuyá amarilla, considerando que en los frutos maduros existe un 43% de polisacáridos no celulósicos (Tabla 1).

TABLA 1
COMPOSICIÓN DE LA PARED CELULAR EN RELACIÓN
CON EL GRADO DE MADURACIÓN DE LA PLANTA

Pared celular	Componentes principales		
	Celulosa	Polisacáridos no celulósicos, Hemicelulosa, Pectinas	Lignina
Plantas inmaduras	25%	60%	
Plantas maduras	38%	43%	Indicios 17%

FUENTE: <http://www.fibra-salud.com/.\\Obra\3.htm>

1.2.2 Propiedades Físicas y Químicas de las Pectinas

Las pectinas son polímeros lineales de gran peso molecular proveniente de las partes blancas o albedo de los cítricos. Están formadas por unidades de Ácido D-Galacturónico parcialmente esterificado con metanol, unidos por enlaces glucosídicos α - $(1\rightarrow4)$ entre los cuales se intercalan restos de ramnosa con ramificaciones de azúcares neutros como galactosa, arabinosa y xilosa.

Las características del gel a formar dependen esencialmente del grado de esterificación que influye en la resistencia de los geles, la viscosidad de las disoluciones y la velocidad de formación del gel, indicando que el número de grupos metoxílicos presentes en la molécula de pectina es el poder gelificante de la misma. Es decir, que la resistencia del gel y la velocidad de gelificación disminuyen con el grado de esterificación. Ello puede ser explicado probablemente por el aumento de interferencia esférica que producen los grupos metil-ester sobre las interacciones intermoleculares mediante puentes de hidrógeno. Mientras que con las de grado de esterificación mayor decrece

el tiempo de gelificación, lo cual puede ser debido al incremento de la interacción hidrofóbica entre las moléculas de pectina.

1.2.3 Tipos de pectina

Como se explica anteriormente las pectinas se clasifican según el grado de esterificación o el contenido de metoxilo por ser un indicador de gran importancia.

Las pectinas de alto grado de esterificación son aquellas que contienen más de un 50% de unidades del ácido galacturónico esterificadas, y contienen del 7 al 12% de metoxilos. Son capaces de gelificar con azúcar y ácidos en adecuadas condiciones dentro del 60-65% de sólidos solubles y 2,7-3,2 de pH. Dividiéndose esta clasificación las de gelificación rápida las que contienen más del 65% de GE y las que contienen menos como las de gelificación lenta dentro del parámetro de pectinas de alto grado de esterificación.

Las pectinas de bajo grado de esterificación son las que tienen menos del 50% de unidades esterificadas del ácido galacturónico y están en el rango de 3-6.5% de metoxilos. Pueden formar geles estables con poca o ninguna cantidad de azúcar pero requieren de la presencia de cationes divalentes como es el calcio para formar entrecruzamientos moleculares. Las pectinas de bajo contenido de metoxilo son menos sensibles a los cambios de pH es por esto que se pueden formar geles en el intervalo de 2.5-6.5.

Las pectinas amídicas con bajo índice de metoxilo son aquellas que han sido desmetoxiladas con amoniaco en lugar de usar ácidos, reemplazando parte de los grupos éster por grupos amida, lo cual modifica las propiedades de gelación de la pectina.

Cabe aclarar que si se tuviera una pectina con 100% de grado de esterificación o 16% de contenido de metoxilo seria más bien una protopectina; por lo contrario si la metoxilación es de 0% sería un ácido péctinico, considerándose estos extremos como

sustancias que no aportan la propiedad gelificante a los alimentos.

1.2.4 Método convencional de extracción de pectina

Existen numerosos procesos patentados para obtener pectina a partir de materiales vegetales que tienen un alto contenido de esta sustancia como Graves, 1994; Fishman, 2000; Attri, 1996; Ehrlich, 1997; Gómez, 1998, y Glahn, 2001. Según el tratamiento que se le haga a las materias primas se obtienen diferentes calidades de pectina, pero básicamente los procesos de obtención se basan en hidrólisis, separación y recuperación.

La hidrólisis permite eliminar el bloqueo químico de los carboxilos galacturónicos que insolubilizan parcialmente a las pectinas. Sin embargo, este proceso es cuidadosamente vigilado para evitar la hidrólisis de enlaces glucosídicos y ésteres no deseados.

Industrialmente las empresas dedicadas a la producción de pectina compran el rechazo de las procesadoras de concentrado e inmediatamente se procede a la clasificación, limpieza del mismo con el fin de eliminar residuos e impurezas; así mismo separar las cáscaras que posean hongos, gusanos y materiales extraños.

Una vez realizada esta operación se procede a escaldar las cáscaras durante 15 minutos en agua a 95°C, seguidamente se escurren, se separan todo tipo de semillas y se muele para obtener una pasta blanda.

El propósito de esta operación es inactivar las pectino-esterasas que son las enzimas que catalizan la reacción de desmetoxilación formando pectinas de menor metoxilo, además de inactivar la poligalacturonasa que rompe enlaces glucosídicos entre las moléculas galacturónicas, despolimerizando la cadena en fracciones más cortas para finalmente llegar al monómero del ácido galacturónico.

La siguiente etapa es la hidrólisis que es la operación más importante para la extracción de la pectina, donde las cáscaras son calentadas en agua acidulada a un pH bajo alrededor de 1.2 a 3, utilizando comúnmente ácido clorhídrico o ácido cítrico, durante 80 minutos aproximadamente a 90 grados centígrados; sin embargo el tiempo de calentamiento depende de la temperatura de extracción, cuanto más alta más corta es la duración del calentamiento, es por esto que dos horas de calentamiento pueden ser empleadas en un rango de 79-85°C.

Terminada esta operación, el extracto líquido se separa del bagazo y éste se prensa.

Nuevamente se procede a filtrar y el extracto de la pectina resultante se precipita con etanol al 60%, la adición de alcohol o acetona actúa como agentes deshidratantes.

Finalmente se separa la pasta gelatinosa y se recupera el etanol, se procede a secar a 60°C por aproximadamente 2 horas, luego se muele y se normaliza. (3)(7).

1.3 Semiconservas

La mermelada según la BOE (legislación Española) es un producto preparado por cocción de frutas enteras, troceadas o trituradas a las que se han incorporado azúcares hasta conseguir un producto semilíquido o espeso.

La preservación de estos productos se basa en la disminución de la actividad de agua (a_w) que a su vez sirve como barrera disminuyendo el contenido de humedad y aumentando el contenido de sólidos solubles para impedir crecimientos microbiológicos unidos a un proceso de cocción para producir un buen sabor en el producto.

1.3.1 Procesos de Elaboración

Se obtiene la pulpa o fruta troceada a partir de una operación preliminar mediante picadora de fruta, prensa o filtro, esta operación se realiza asépticamente y cuidadosamente para eliminar defectos que pudieran desmerecer el producto final, paralelamente a esta operación se pesan los demás

ingredientes como son el azúcar, el ácido y la pectina según la formulación y se procede a la mezcla.

Se hierve vigorosamente a temperaturas del orden de 55 a 65°C a presión de vacío, hasta que alcance el punto final según los parámetros de concentración de nuestro producto a obtener, usando un refractómetro de lectura para medir la concentración de sólidos solubles que van a estar alrededor de 65 °Brix.

1.3.2 Ingredientes

Fruta

La calidad final de la mermelada va a depender necesariamente de las características de sanidad, madurez y composición de las frutas que se empleen, se debe evitar el uso de frutas con principios de descomposición ya que éstas favorecen al desarrollo de microorganismos.

El grado de madurez de las frutas influye en las características físico químico y sensorial del producto final. Es así como las

frutas pintonas no han desarrollado completamente su color aroma y sabor característicos, mientras las sobremaduras poseen poca pectina que no aporta con la concentración adecuada para la gelificación de las mermeladas.

Ácido Cítrico

El fenómeno de la gelificación está estrechamente ligado a la acidez activa, expresada como pH, es decir, la concentración de iones hidrógenos libres. Para cada tipo de pectina y para cada valor de concentración de azúcar existe un valor de pH el cual corresponde el óptimo de gelificación. Este valor está comprendido para pectinas de alto metoxilo entre 2,8 a 3,2 que indica que para valores superiores a 3,2 la gelificación no tiene lugar ya que provoca repulsión entre las cadenas, mientras que para valores inferiores a 2,8 que es una acidez activa más fuerte, se produce la sinéresis, que es un proceso que se manifiesta por una exudación de jarabe y es debido al endurecimiento excesivo de las fibras de pectina y rompimiento de la estructura perdiendo la elasticidad necesaria para retener

los líquidos del gel, este efecto se ve aumentado por el uso de pectina de rápida gelificación.

El ácido debe ser introducido al final de la cocción ya que con esto se crean las condiciones necesarias para la gelificación y se inicia el proceso. Su adición anticipada provocaría fenómenos de pre-gelificación que dañarían el resultado final de la elaboración.

Pectina

Hoy en día su uso está muy extendido en la industria de alimentos debido a su propiedad funcional de gelificación en medio ácido azucarado además de ser estabilizante, espesante, texturizante y emulsificante.

Azúcar

Los azúcares o edulcorantes mas comúnmente usados en la elaboración de conservas son la sacarosa, glucosa, jarabe invertido y las mieles.

En vista de ser una sustancia hidrofílica, el azúcar liga agua y ayuda que ésta sea retenida por las moléculas de pectina, previniendo la sinéresis, además de establecer enlaces a base de puentes entre las cadenas de pectina.

El contenido en azúcar de una conserva está expresado en porcentaje de sólidos solubles o grados Brix. Éstos se determinan mediante lectura en refractómetro a 20°C y se expresan en porcentaje de sacarosa. Este edulcorante o cualquier otro que se emplee contribuye de forma definitiva para que se produzca la gelificación final de la mermelada luego de la cocción y concentración hasta llegar a un nivel determinado de °Brix, si este nivel se sobrepasa o no alcanza es difícil lograr una adecuada gelificación.

Ciertas fábricas prefieren emplear más de un edulcorante y en forma de jarabe para evitar la cristalización. La mezcla de diferentes azúcares aporta menor sabor dulce y contribuye a resaltar el color, aroma y sabor de la fruta empleada.

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización de la Materia Prima para la extracción de pectina

Las muestras de frutos de maracuyá, fueron adquiridas en el mercado local, durante el invierno, con un grado de madurez evidenciado por el color, firmeza al tacto y ausencia de daños.

Se procedió a realizar pruebas físico químicas sobre las cáscaras mediante métodos descritos en los Anexos B,C,D con el fin de caracterizar la materia prima, y así también identificar el índice de

madurez del fruto que se define como la relación entre los sólidos totales sobre la acidez.

TABLA 2
CARACTERIZACIÓN DE LA MARACUYÁ COMO MATERIA PRIMA

Parámetro	Valoración
Color	Amarillo verduzco
Brix	14
pH del jugo	2.9
Acidez	3.2
Índice de madurez (SST/Acidez)	4

Elaborado por: Mariella Rivadeneira; 2009

El índice de madurez igual a 4 evidencia que el color de la fruta es un amarillo verdoso que representa el inicio de la maduración según la escala Figura 1.5.

2.2 Proceso de extracción experimental de Pectina

Los parámetros del proceso de extracción experimental se exponen en la tabla 3, partiendo de patentes sobre métodos de extracción de

pectinas por Gómez 1998, utilizando el medio ácido para la recuperación de pectina, liberándose así de la lámina media de las paredes celulares y se pueda disolver. Se utilizó para los ensayos el pH 3 considerando que cumple con el rango de pH ideal para extracción además de cumplir el pH recomendado para su fácil aplicación en la industria de semiconservas.

Para extraer la pectina se partió de las cáscaras trituradas en presencia de un medio ácido caliente para disociar la protopectina a pectina soluble utilizando ácido cítrico con el cual se prepara una solución de agua acidulada con una relación de volumen 3:1 correspondiente a agua-cáscara. La mezcla acidulada se calentó a 90°C durante 80 min, transcurrido el tiempo de calentamiento se separó el extracto pectínico y el bagazo gastado por medio de un escurrimiento y prensado en liencillo, procurando que el bagazo quede bien seco.

Un factor importante también es el tiempo de extracción, porque a tiempos muy cortos se reduce la eficiencia en la extracción mientras que con tiempos muy prolongados la materia prima comienza a

degradarse. Cabe recalcar que el producto obtenido no ha pasado por un proceso de precipitación es decir que es pectina disuelta en agua al cual llamaremos extracto.

TABLA 3
PARÁMETROS ÓPTIMOS DE PRODUCCIÓN DE EXTRACTO

Materia Prima/Agua Acidulada	pH	Temperatura	Tiempo
1:3	3	90	80 min

Elaborado por: Mariella Rivadeneira; 2009

2.2.1 Análisis de la calidad de pectina obtenida

Previo al análisis químico experimental se procede a realizar una prueba de identificación de pectina que cumple los conceptos teóricos del comportamiento regular de esta sustancia, (Tabla 4).

TABLA 4
ANÁLISIS DE IDENTIFICACIÓN DE EXISTENCIA DE PECTINA

PRUEBA	PECTINA COMERCIAL	EXTRACTO DE PECTINA
Prueba de precipitación con alcohol	+	+
Prueba de solubilidad y gelificación en agua+sacarosa	+	+
Prueba de solubilidad en alcohol	-	-

Elaborado por: Mariella Rivadeneira; 2009

Demostrando los resultados positivos frente a los de una pectina comercial, se analiza también el rendimiento que es un parámetro de gran interés, el cual se refiere al porcentaje en peso del material gelificante con relación a la materia prima empleada, dando como respuesta un valor del 36.51% correspondiente al peso de las materias primas iniciales (cáscaras+agua).

Al extracto obtenido se le realizaron pruebas para evaluar la calidad y su aplicación.

Los valores promedios de los análisis de calidad realizados al extracto de pectina se detallan en la tabla 5, utilizando métodos de determinación de Grupos Metoxilos y de Ácidos Galacturónicos por duplicado, verificando con esto que el extracto obtenido es de buena calidad y con propiedades de gelificación positivas. El Anexo G tomado del Pharmacopeia National Formulary detalla las técnicas analíticas de su determinación (5).

TABLA 5

RESULTADO DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS DEL EXTRACTO

Análisis	Extracto de pectina
Contenido de Metoxilos (ppm)	7.8
Contenido de AG (ppm)	262.1
Grado de esterificación	50
pH extracto	3
Brix extracto	5
Densidad extracto	1.28 kg/l

Elaborado por: Mariella Rivadeneira; 2009

El contenido de metoxilo que arroja el análisis incluye al extracto pectínico en la clasificación de pectinas de alto metoxilo requiriendo de parámetros apropiados de pH, y °Brix propios de esta clasificación para su aplicación exitosa en productos, sin

embargo el poseer el valor mínimo para estar dentro de esta clasificación, es decir, el contener el 50% de grado de esterificación le da cualidades de ser una pectina lenta para el proceso de gelificación pero con buenos resultados (Anexo E) (2).

Se toma en cuenta además, resultados de análisis de ácidos urónicos del extracto realizados por el Ing. Patricio Cáceres en el CSIC de España con el objetivo de evaluar resultados y la eficiencia del proceso que se realizó en este trabajo. En la metodología figuran como parámetros de hidrólisis temperatura de 100°C y pH de 1,5.

Estos estudios fueron hechos por triplicado, cuyo método consta en el Anexo F, utilizando el Método Fotométrico basado en la medición de la radiación electromagnética absorbida, reflejada o emitida por una sustancia disuelta en una solución, aplicando la Ley de Lamber Beer, que para efectos cuantitativos establece básicamente una proporción lineal entre la magnitud de absorción y la concentración de una sustancia absorbente.

Así también se consideran los análisis de azúcares neutros por cromatografía de gases para cuantificar la cantidad de los azúcares que componen la fibra.

TABLA 6
ANÁLISIS QUÍMICO DE LA PECTINA

Nombre del componente	Concentración (ppm)
<i>Ácidos Urónicos</i>	206.52
<i>Azúcares neutros</i>	136

FUENTE: CSIC, Ing. Patricio Cáceres; 2009

TABLA 7
AZÚCARES NEUTROS QUE FORMAN PARTE DE LA PECTINA PRESENTE EN LA CÁSCARA DE MARACUYÁ

Monosacáridos	Concentración (ppm)
Glucosa	49.14
Xilosa	19.63
Galactosa	42.66
Arabinosa	24.64

FUENTE: CSIC, Ing. Patricio Cáceres, 2009

La cita de estos resultados se hace válida para reafirmar y evidenciar la presencia de las buenas características de la pectina que poseen las cáscaras de maracuyá.

En cuanto a las características físicas del extracto de pectina, presenta cualidades similares a la de una jalea ligeramente viscosa con color, olor y sabor agradable (Tabla 8).

TABLA 8
CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL EXTRACTO
OBTENIDO

Parámetro	Extracto
Color	Amarillo transparente
Sabor	Agri-dulce
Olor	Frutal
Apariencia	Buena

Elaborado por: Mariella Rivadeneira; 2009

2.3 Pruebas experimentales

2.3.1 Diseño de Experimentos

Formulación de la mermelada

Para la formulación es necesario basarse en legislaciones locales, por tal motivo se parte de la norma INEN 418 que trata de las especificaciones que debe tener una mermelada donde la relación Fruta-Azúcar es 45:55 respectivamente.

Como el objetivo es la aplicación del extracto pectínico, se busca obtener el porcentaje aproximado de extracto que debe contener una semiconserva, variando las proporciones de sus ingredientes, siendo reformulada considerando la consistencia, apariencia, sabor y olor del producto final.

La dosis de pectina comercial que generalmente se utiliza está normalmente comprendida entre 0,3 y 2 % del peso final del producto, sin embargo, en las pruebas este porcentaje sirve de

referencia pero no es aplicable porque difiere del extracto por poseer una presentación diferente.

Para empezar a elaborar las pruebas, se diseñó el experimento variando el 45% correspondiente a la fruta y el 1% tomado del azúcar que corresponde a la adición de conservantes y agentes formadores de textura como se explica en la Tabla 11, evaluando las influencias en las características del producto final, basándose en la aplicación de diferentes porcentajes de extracto en la fórmula.

Las proporciones que podrían influir serán llamadas variables o factores, los cuales se evaluarán a tres niveles (ver tabla 9), es decir dando esta combinación a una serie de muestras como está detallado a continuación en la tabla 10, donde se plantea 9 formulaciones para las pruebas, obviando las que han sido sometidas al análisis discriminador por anticipar su resultado con información tecnológica y criterio técnico. Las pruebas de formulaciones descartadas son las que la suma de sus

proporciones no representa el 100% de sus ingredientes para la elaboración de una semiconserva.

TABLA 9
FACTORES Y NIVELES DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Factor	% Fruta			%Extracto		
Niveles	25	50	75	25	50	75

Elaborado por: Mariella Rivadeneira; 2009

TABLA 10
NUMERO DE MUESTRAS $3^2 = 9$
100%=46%

% Fruta	% Extracto
25	25
25	50
25	75
50	25
50	50
50	75
75	25
75	50
75	75

Condiciones comunes: Proporción de azúcar,
Tiempo, temperatura de cocción, Brix y pH.

Elaborado por: Mariella Rivadeneira; 2009

A continuación se presentan las combinaciones de las muestras, las cuales se procederán a codificar, para la puesta en marcha de las pruebas de evaluación sensorial.

TABLA 11
ELABORACIÓN DE MUESTRAS

Muestra		Proporción de Ingredientes		
		Azúcar 54%	Variación del 46% de Fruta	
			Fruta	Extracto
A	123	54%	50% 23%	50% 23%
B	580	54%	75% 34.5%	25% 11.5%
C	350	54%	25% 11.5%	75% 34.5%

Elaborado por: Mariella Rivadeneira; 2009

2.3.2 Pruebas de aceptabilidad

Análisis Sensorial

Las tres muestras preparadas se dieron a degustar a 30 personas, cuyo perfil corresponde a jueces consumidores habituales de edades entre 15-35 años, a las que se les entregó cuestionarios basados en pruebas afectivas para evaluar el grado de satisfacción de las diferentes formulaciones del producto.

Para llevar a cabo estas pruebas se utilizaron escalas hedónicas de 5 puntos (Tabla 12). El formato de encuestas se presenta en el Anexo I, donde además se incluye una sección en la cual se le da oportunidad a los jueces de expresar sus comentarios.

Se presentaron tres muestras que corresponden a la variación de la proporción del extracto de pectina en fórmula y se determina el efecto de esta variable sobre el grado de satisfacción producida por la mermelada. Las muestras fueron codificadas por números de tres cifras.

TABLA 12
ESCALA HEDÓNICA

VALOR	NIVEL DE AGRADO
+2	Muy agradable
+1	Agradable
0	Ni agradable ni desagradable
-1	Desagradable
-2	Muy Desagradable

Elaborado por: Mariella Rivadeneira; 2009

Una vez obtenidos los resultados de la prueba afectiva por parte de los consumidores se planteó otra evaluación en la que se considera la muestra que mas agradó frente a una muestra comercial que está actualmente en el mercado, mediante una prueba discriminativa triangular para establecer si hay diferencia con el objetivo de evaluar el efecto de la sustitución de un ingrediente por otro en este caso el de la pectina líquida.

Para esta segunda prueba se utilizó 12 jueces semientrenados capaces de detectar las diferencias de los atributos de la mermelada, requiriendo de la rotación de posición de las muestras para evitar

errores en los resultados por efecto del orden de presentación, el cuestionario utilizado se detalla en el Anexo J.

La interpretación de las respuestas se lleva a cabo mediante tablas estadísticas utilizando un nivel de significancia del 5% determinando el número mínimo de respuestas correctas para establecer una diferencia significativa.

Procesamiento de datos

Para evaluar los resultados del primer análisis sensorial se obtienen las medias totales del método estadístico de cada muestra tomando en cuenta los comentarios sobre las formulaciones propuestas. Tabla 13.

TABLA 13
RESULTADOS DE MEDIAS PRUEBAS AFECTIVAS

Muestra	Descripción	Valor	Comentario
350	Agradable	+1	Perdida del sabor
580	Muy agradable	+2	
123	Agradable	+1	

Elaborado por: Mariella Rivadeneira; 2009

La muestra escogida por parte de los consumidores es la identificada con código 580 siendo calificada satisfactoriamente todos sus atributos.

En la prueba triangular que se realizó se consideraron tres muestras, dos iguales correspondiente a la de referencia y otra codificada numéricamente las cuales representan la mermelada de marca comercial, y la tercera muestra es la 580 que contiene extracto de pectina líquido.

De los doce jueces semientrenados cinco identificaron la muestra diferente, estos resultados fueron interpretados por tabla de la prueba triangular del autor Antonio Anzaldúa Morales (Anexo K) para el nivel de significancia del 5% indicando que el mínimo de respuestas correctas para establecer una diferencia significativa es 8, por lo tanto se ve factible la utilización de este aditivo, representando el 11.5% extracto de pectina en fórmula que posee características y similares en cuanto a la textura que se busca adquirir.(8).

Interacción de los componentes

Al evaluar los resultados de los análisis sensoriales de las diferentes muestras se toma en cuenta la importancia de la interacción de los componentes (Anexo H) donde es indispensable buscar un equilibrio en sus proporciones, así también de la importancia de plantear parámetros óptimos en base a la caracterización de pectina obtenida. Es así como en los grados brix la sacarosa tiene la función de deshidratar las moléculas de pectina neutralizadas y permitiendo la formación de puentes de hidrógeno hidroxilo-carboxilo, carboxilo-carboxilo o hidroxilo-hidroxilo, así también, el pH apropiado aporta con condiciones adecuadas para la gelificación, el no contar con condiciones apropiadas lleva a la sinéresis, a una gelificación defectuosa o simplemente que no la haya.

Con esto se busca el buen desenvolvimiento de agentes gelificantes durante el proceso, dando como un resultado satisfactorio la aplicación del 11.5% de extracto de pectina en formulación, afirmando que es factible la disminución de fruta en mermelada y que además cumple con estándares de mermeladas de la Unión Europea,

donde dentro de los parámetros se puede contener del 30% a 45% de pulpa de fruta. La tabla 14 muestra las características de la Mermelada de piña que se logró obtener.

TABLA 14
CARACTERÍSTICA DE LA SEMICONSERVA ELABORADA
CON EXTRACTO DE PECTINA

Características físico químicas de la mermelada	
Forma de presentación	Triturada
Brix	65
pH	2.9-3.2
Color	Normal de la fruta madura sometida al proceso de cocción
Olor	Característico de la piña
Sabor	Propio de la piña
Textura	Espesa, gel blando

Elaborado por: Mariella Rivadeneira; 2009

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DEL PROCESO Y LÍNEA DE PRODUCCIÓN

3.1 Diseño del proceso de obtención del extracto de pectina

El diseño del proceso para obtener pectina a partir de la cáscara de maracuyá consiste en siete etapas como se muestra en el Diagrama de Flujo (Figura 3.1), operaciones que se proyectarán a escala industrial obteniéndose un rendimiento de 36 kg de extracto de pectina por cada 100kg de cáscara que entra en proceso. La materia prima son residuos de la producción de concentrado de jugo de maracuyá, los cuales alcanzan aproximadamente 2016 ton/mes, partiendo de una planta que tiene una capacidad de producción mensual de 1,200 tambores de concentrado de 250 kg cada uno.

Tomando en consideración este valor, se propondrá una línea de producción utilizando el 10% de los desechos de la planta antes mencionada, es decir se procesarán 201 Ton/mes de cáscara de maracuyá.

La producción será continua, con un turno de ocho horas de trabajo, y 26 días laborables en los cuales se tiene programado 4 lotes de producción al día, generando diariamente 6.8 m³ de extracto de pectina líquido equivalente a 8869.28 kg.

Para obtener el producto deseado es importante que tanto la materia prima como el procedimiento cumplan con los parámetros establecidos en las Tablas 15 y 16 correspondientes a la materia prima como al proceso de producción respectivamente.

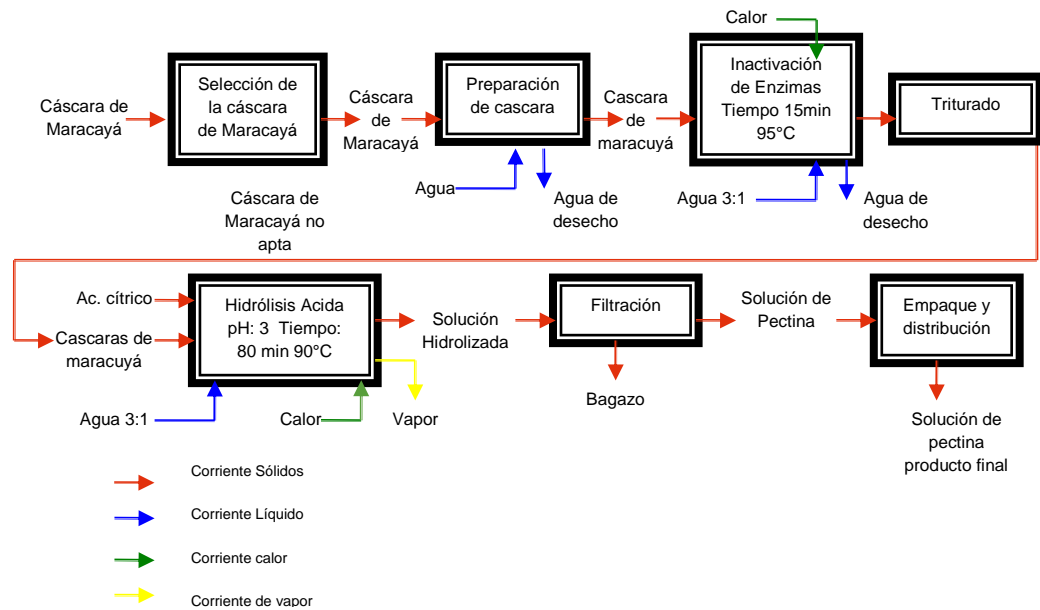


FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL EXTRACTO DE PECTINA

**TABLA 15
PARÁMETROS DE MATERIA PRIMA**

Materia Prima	Características
Cáscara de Maracuyá	Madura sin abolladuras índice de madurez 4
Ácido cítrico	Ácido cítrico granulado
Agua	Agua no debe contener metales pesados, su contenido de calcio y magnesio debe ser muy bajo

Elaborado por: Mariella Rivadeneira; 2009

TABLA 16
PARÁMETROS DEL PROCESO

°T	Escaldado	95°C
t	Escaldado	15 min
°T	Extracción	90°C
t	Extracción	80 min
pH	Extracción	3

Elaborado por: Mariella Rivadeneira; 2009

Como se explica en el diagrama 3.1, para la preparación las cáscaras son sometidas a un lavado a presión para eliminar cualquier impureza o material extraño y luego son llevadas en una canastilla al escaldador donde se le adiciona tres partes de agua por cada parte de cáscara, es decir, existe una relación de volúmen 3:1 y se calienta durante 15 min, proceso que se realiza con el fin de inactivar enzimas pectinólicas, además elimina suciedades o microorganismos presentes en la cáscara, logrando una extracción más efectiva.

Posteriormente se llevan las cáscaras a la máquina de troceado donde se tritura la materia prima aumentando el área superficial para facilitar la siguiente operación que es la hidrólisis dando uniformidad a la penetración de calor, adicionándole posteriormente agua acidulada en la misma proporción que la etapa de inactivación de enzimas relación agua-cáscara 3:1 a pH 3 por 80 min con agitación constante para evitar la sedimentación y degradación del bagazo.

Para obtener la pectina que se solubilizó en el agua, la solución de la hidrólisis se pasa por un filtro prensa compuesto por placas recubiertas con mallas con el fin de evitar el paso del bagazo.

Finalmente, la pectina se empaca en bolsas de polietileno o en Tambores de hierro, se rotula y se distribuye.

3.2 Diseño del proceso de las semiconservas

Como se muestra en el diagrama 3.2 el extracto obtenido se adiciona en la parte de cocción, no es necesario diluirlo por separado como comúnmente se lo hace con una pectina en polvo.

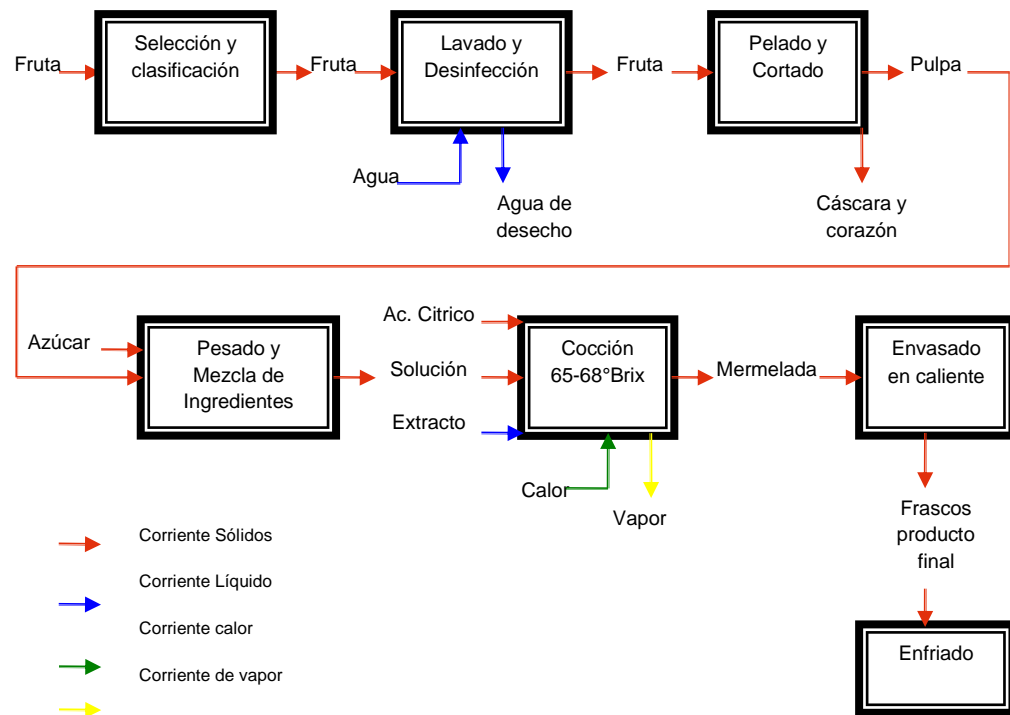


FIGURA 3.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE SEMICONSERVAS.

3.3 Determinación de las operaciones de producción del extracto de Pectina.

La tabla 16 se relaciona con el diagrama de operaciones siguiente que resume sus parámetros.

Diagrama de operaciones

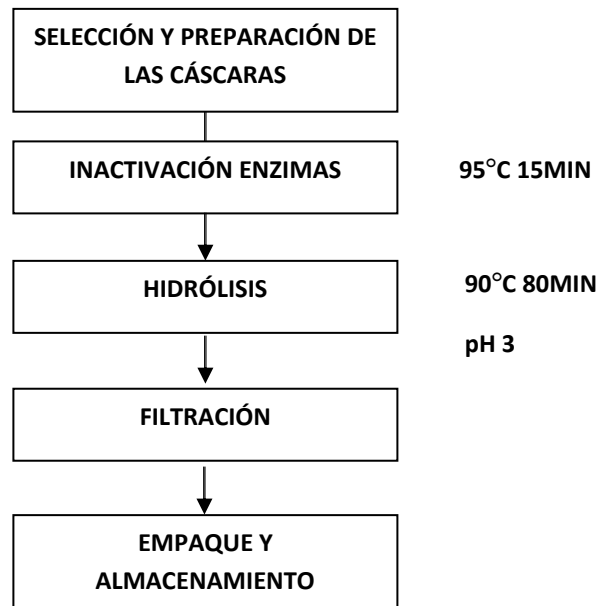


FIGURA 3.3 DIAGRAMA DE OPERACIONES DE EXTRACCIÓN DE PECTINA

3.4 Selección de equipos adecuados

Capacidad de producción

Como se planteó al inicio de este capítulo se espera procesar 201 Ton/mes de cáscara por considerar que es una capacidad productiva base en función de la disponibilidad de materia prima tomando en

cuenta los meses de baja producción de las empresas procesadoras de concentrado, asegurando que durante el año la producción no se interrumpa, siendo la capacidad estimada el 10% menos de producción de los meses de baja temporada de maracuyá, por otro lado se considera también esta capacidad con la idea de crear una planta piloto de generación de subproductos, es decir a partir de la producción de pectina se puede tener en cuenta la posibilidad de incursionar en otro mercado como es las semiconservas y ser a la vez proveedores mediante la aplicación del producto extraído de las cascaras, dándole un valor agregado a los desechos de la planta madre que es la procesadora de concentrado de maracuyá.

Partiendo de esta capacidad se permite la selección de la maquinaria adecuada para esta línea de procesamiento, sin olvidar que no es un proceso automático debido a la dificultad en el proceso de selección y preparación de la materia prima porque las cáscaras de maracuyá son provistas de diferentes empresas procesadores de pulpas y llegan en diferentes tamaños y condiciones, sin embargo a partir de la hidrólisis se puede tener un proceso más continuo de la producción.

Las bases, los criterios del diseño y el dimensionamiento de los equipos se efectuaron a partir de los balances de materia y energía, partiendo del Diagrama de Flujo en la Figura 3.1, entre los cuales se seleccionaron Tanques de almacenamiento, Banda Transportadora, Trituradora, Tanques procesadores para Inactivación de enzimas e Hidrólisis, Tanque mezclador, Filtro prensa, además de las válvulas, bombas, accesorios e instrumentos de control.

Los equipos recomendados han sido seleccionados de acuerdo a las exigencias del sector alimenticio y construidos bajo las Normas de Calidad Internacional. Los equipos están proyectados en una línea continua, de tal manera que cada uno es compatible con los equipos siguientes o anteriores de la línea de producción.

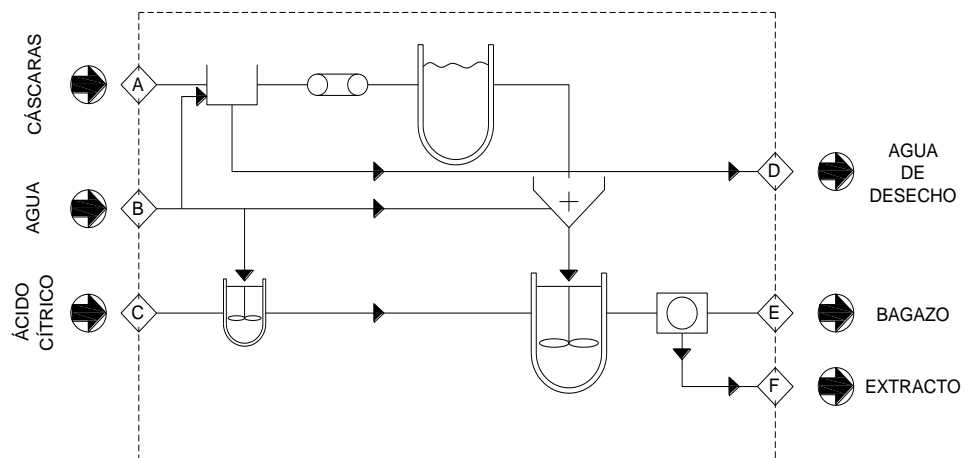


FIGURA 3.4 DIAGRAMA DE EQUIPOS DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE EXTRACTO DE PECTINA

Descripción de equipos:

Tanque de Almacenamiento

Tomando en consideración que la disponibilidad de materia prima del sector es amplia es recomendable tanques de almacenamiento que cubra la capacidad de la materia prima a trabajar en el día, partiendo que la capacidad por hora de la planta es de 1280 kg/h será necesario el almacenamiento de 11 Ton de cáscara aproximadamente, incluyendo un 30% más de la cascara necesaria.

Tina de lavado

La tina de lavado será estructurada en acero inoxidable AISI 316, y de acuerdo a la capacidad productiva establecida, se recomienda un equipo de 1,300 Kg/h que se encuentra integrado por un tanque de prelavado por inmersión, con agua en turbulencia por presión de aire y posterior enjuagado por aspersores. Un elevador, será el encargado de llevar las cáscaras hasta la banda transportadora.

La cantidad de agua de entrada será regulada por una válvula, mientras que un sistema de distribución de agua se encargará del empuje del producto hacia el elevador. La limpieza de la tina se facilita mediante la descarga del agua a través del fondo de la tina.

Marmita

Un tanque de acero inoxidable se requiere para el proceso de escaldado de las cáscaras (Inactivación de enzimas), con camisa y parrilla interior fabricada en lamina perforada de acero inoxidable

capacidad de 3,000 l con conexión para lavado en CIP provista de una válvula de ventilación y tubería de descarga total.

Trituradora

Fabricada en acero inoxidable AISI 316 con una capacidad de 1,300 Kg/h de acuerdo a la capacidad productiva previamente establecida. El Triturador corta las cáscaras en pedazos más pequeños. Permite variar la velocidad de triturado donde el albedo es recogido en un tanque recolector.

Tanques procesadores Hidrólisis (Marmita)

Se recomienda un tanque que abastezca 3,000 l fabricado en acero inoxidable AISI 316, de forma cilíndrica, con conexiones para carga y descarga de producto, además de dos conexiones para vapor y una de válvula de seguridad, encamisada, aislada con poliuretano con terminados para uso alimenticio y con agitador tipo ancla accionado por un motor de 3 HP x 60 RPM.

Filtro Prensa

Es recomendable un filtro de placas recubiertas de mallas ordenadas por tamaño de los poros de mayor a menor comenzando a partir de 50 micras, con el fin de evitar el paso del bagazo a la solución filtrada, con una capacidad aproximada de 90 l/ min.

Propuesta de la línea de producción de la planta

Para la distribución de la planta, se establecieron las siguientes áreas de procesamiento, consideradas como básicas en cualquier industria. La Figura 3.5 representa la distribución de las áreas mencionadas.

- Área de recepción
- Almacén de materia prima seca (Ácido cítrico)
- Área de almacenamiento Albedo
- Bodega de producto terminado
- Área de laboratorios
- Área de procesamiento
- Área administrativa

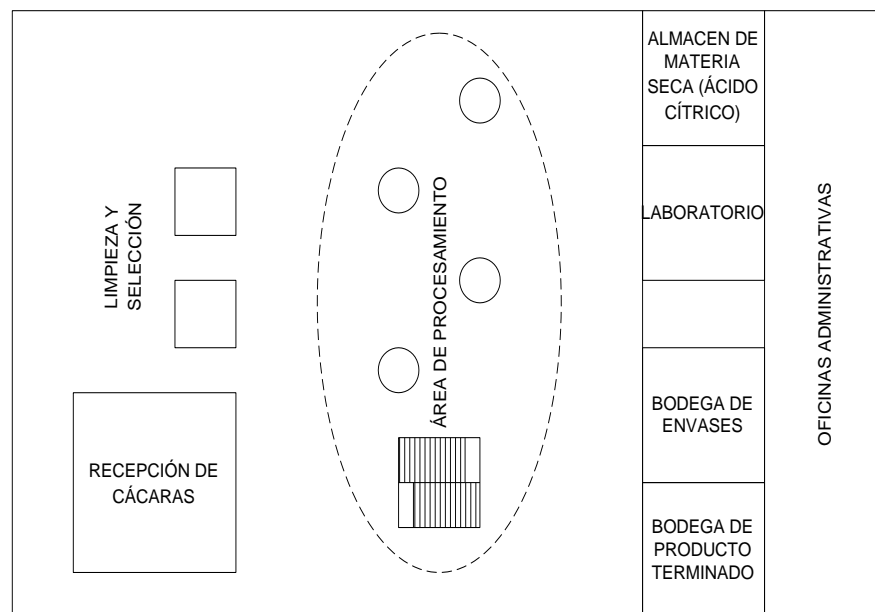


FIGURA 3.5 LAYOUT DE LA PLANTA DE PROCESAMIENTO

3.5 Análisis de costos directos

El desecho de las plantas procesadoras de maracuyá no tiene valor comercial por lo que lo regalan o simplemente lo desechan, sin embargo de las seis plantas una vende las cáscaras a \$3 c/ton entregándolas el residuo separado de las semillas y ligeramente más limpio dando al cliente sólo cáscara que es destinada a alimento de ganado.

Considerando este hecho, se propone tomar este dato como precio base del costo de materia prima para el bosquejo del análisis de precio de venta del extracto de pectina. Los siguientes valores que se colocarán son los de un día de producción para facilitar la proyección al mes, Tabla 17.

TABLA 17
COSTOS DE MATERIA PRIMA

INSUMOS	Unidad de medida	Cantidad	Unitario	Costo diario	%
				Total	
Cascara de Maracuyá	Kg	7754	\$ 0,003	\$ 23,26	3,62%
Agua	m3	432	\$ 0,90	\$ 388,80	60,55%
Acido Cítrico	Kg	100	\$ 2,30	\$ 230,00	35,83%
TOTAL DIARIO				\$ 642,06	100,00%
COSTO TOTAL MENSUAL				\$ 16.693,56	

Elaborado por: Mariella Rivadeneira; 2009

Así también, se considera la contratación de un supervisor-administrador y 4 operadores los cuales se encargaran de la calidad, proceso y distribución Tabla 18, los costos indirectos de fabricación como energía eléctrica por equipos utilizados, agua para limpieza y

mantenimiento de planta, entre otros, son considerados como el 30% de los costos directos. Tabla 19.

TABLA 18
COSTOS DE MANO DE OBRA

CARGO	Número de puestos	Remuneración Mensual	
		Unitario	Total
Administrador General	1	\$ 800,00	\$ 800,00
Operadores	4	\$ 300,00	\$ 1.200,00
TOTAL			\$ 2.000,00

Elaborado por: Mariella Rivadeneira; 2009

Todos estos costos son considerados como directos en el proceso de elaboración del producto, por tal motivo se hace un resumen (Tabla 20), donde muestra que el precio de venta por Kg es de \$0.11 y de \$0.15 por litro, tomando en consideración estos valores se expone que si se desea proveer a una empresa de semiconservas con una capacidad de 530kg/h se necesitará 9,752 kg al mes, que representará en esa empresa un costo de \$1072.72 por el rubro de pectina con la ventaja que este producto va aportar con propiedades gelificantes y a la vez con un pH adecuado que facilitará al medio, al proceso y los

costos de producción, por otro lado se tiene que la pectina comercial en polvo está a un valor de \$11 el kg, si se continúa con el mismo ejemplo de proveer a la planta con la capacidad antes mencionada necesitaremos de 424 kg que representa la dosis de menos del 1% que se adiciona comúnmente en fórmula lo cual representa un valor de \$4,664 al mes.

TABLA 19
ESTADO DE COSTOS

Rubros	%	Unidad de medida	Kg	Litros
		Capacidad	230601.28	176800
Costos de Materia Prima	67%	\$ 16.993,56		
Costos de Mano de Obra	10%	\$ 2.000,00		
Costos Indirectos	23%	\$ 4.494,00		
Total de costos	100%		\$ 23.187,56	
			\$ 0,10	\$ 0,13
Utilidad	15%	\$ 3.478,13		
Total			\$ 26.665,69	
Precio de venta propuesto			\$ 0,11	\$ 0,15

Elaborado por: Mariella Rivadeneira; 2009

CAPÍTULO 4

4.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Del extracto de pectina de este estudio se obtiene resultados positivos en las pruebas cualitativas de identificación, y análisis químico presentando un contenido de metoxilo de 7.8% y 262.1ppm de ácido galacturónico, lo que determina que es una pectina de alto grado de esterificación del 50%, pero de gelificación lenta, produciendo texturas de consistencia similar a la pectina comercial, por lo que puede concluirse la factibilidad de usar cáscaras de maracuyá como materia prima para la obtención de material gelificante y ser esta una buena alternativa para la industria alimentaria.

- El grado de esterificación alcanzado de 50% permite un tiempo suficiente para que las burbujas de aire atrapadas puedan escapar durante la gelificación, aportando con una mejor apariencia de la semiconserva.
- El método y parámetros planteados para el proceso de extracción de pectina permite obtener un extracto de pectina de grado alimenticio de buena calidad de acuerdo a las especificaciones que establece el mercado, obteniendo un rendimiento del 36% en el proceso a partir de la hidrólisis, produciendo un extracto líquido de buena calidad que contiene el 11% en dilución de pectina, desenvolviéndose de manera exitosa como material gelificante en productos de humedad intermedia.
- La variación de los parámetros durante la hidrólisis determina una diferencia en la calidad de la pectina que se obtiene, es decir, que la aplicación de un pH muy bajo con temperaturas muy altas destruye la molécula de la pectina, lo que se evidenció por los resultados obtenidos CSIC y los de los realizados en laboratorios de la ESPOL.

- El comportamiento de la semiconserva que fue elaborada con el extracto de pectina con parámetros de 3,2 de pH y 65° Brix, muestra una consistencia estable del gel, la cual obtuvo resultados positivos en la pruebas sensoriales que no mostraron diferencia significativa con la mermelada comercial demostrando que es factible la utilización de este aditivo en fórmula.
- Es viable técnicamente la creación de una planta procesadora de cáscara de maracuyá en la ciudad de Guayaquil por tener al alcance la materia prima que es desperdiciada, ya que genera también un impacto positivo en el aspecto ambiental, logrando una concientización de las empresas procesadoras de frutas de la necesidad de separación de los desechos y el aprovechamiento de estos.
- En el ámbito económico, la demostración de la utilidad de industrialización de subproductos de la industria alimenticia forja impactos tangibles, los cuales aportaran con la disminución de importaciones en cuanto a este tipo de aditivo generando una mejora de la balanza comercial y a nivel social se contribuiría a la generación de empleo.

Recomendaciones

- Se debe analizar las condiciones que favorezcan el correcto almacenamiento de las cáscaras ya que de lo contrario se puede provocar reacciones enzimáticas y cambios en la estructura de las moléculas con lo que disminuye el contenido de pectina de las cáscaras.
- Es recomendable usar el extracto de pectina recién elaborado por que el grado de gelificación se va deteriorando en la pectina almacenada por mucho tiempo.
- Sería conveniente estudiar también el método para el aprovechamiento de los residuos generados en este proceso de extracción como es el bagazo de la hidrólisis, para la obtención de fibras o material para abono.

ANEXOS

ANEXO A

Exportadores de Concentrado de Maracuyá

<u>PLANTA</u>	<u>CONTACTO</u>	<u>DIRECCIÓN</u>	<u>CIUDAD</u>
AGPASA	Alfred Ritz	Km. 121 vía Guayaquil-El Empalme	Guayaquil
ECUAPLANTATION	Alex Olsen	Km. 4½ vía Duran Tambo	Guayaquil
EXOFRUT	Fernando Valdano	Km 19½ vía la Costa	Guayaquil
FRUTA DE LA PASIÓN	José Aguilar	Km. 10 vía Daule	Guayaquil
QUICORNAC	Bernhard Frei	Calle Sucre s/n	Vinces
TROPIFRUTAS	German López	Km. 2½ vía Valencia	Quevedo

ANEXO B

Determinación de Brix

Fundamento

El método se basa en la medición de porcentaje de sólidos mediante la lectura en una escala directa, haciendo uso de la refracción de la luz en un prisma refractómetro.

Equipos y Materiales

- Refractómetro con baño de agua fría
- Termómetro 100 C
- Vaso de precipitación de 100 ml
- Agua destilada

Procedimiento

1. En un vaso de precipitación pesar 30g de muestra.
2. Homogenizar con 90ml de agua destilada durante 2.5 min. , utilizando una licuadora.
3. Encerar el refractómetro con agua destilada hasta que aparezca en la pantalla 0.00 %.
4. Poner 1 a 2 gotas de muestra en el prisma del refractómetro.
5. Proceder a leer el índice a refracción en el ocular del refractómetro.
6. Enjuagar el prisma con agua destilada.
7. El valor leído debe ser multiplicado 3, debido a las diluciones.
8. El resultado se expresa en porcentaje de peso de sacarosa

ANEXO C

Determinación de pH

Fundamento

Se basa en la medición con un potenciómetro del grado de acidez, mediante el uso de un electrodo sensible a la concentración molar de iones de hidrógeno de la solución de muestra.

Equipos y Materiales

- pHmetro
- Piseta con agua destilada
- Solución Tampón ph 4
- Solución Tampón pH 7

Procedimiento

1. Preparación de la muestra.- llevar la muestra a 20°C
2. Lectura.-Calibrar el pHmetro con las soluciones tampón, introducir el electrodo en la muestra, espere 1 min y realice la lectura respectiva. Retirar la muestra, lavar el electrodo con agua destilada y secar con papel tisú.

ANEXO D

Determinación de acidez

Fundamento

La determinación se basa en la valoración alcalino- métrica con hidróxido de sodio para neutralizar los ácidos libres que estén presentes en la muestra. La acidez es expresada en porcentaje de ácido málico, por ser el ácido predominante presente la maracuyá.

Equipos y Materiales

- Bureta (25-50ml)
- Termómetro 100C
- Vaso de precipitación de 200ml
- Agua destilada

Reactivos

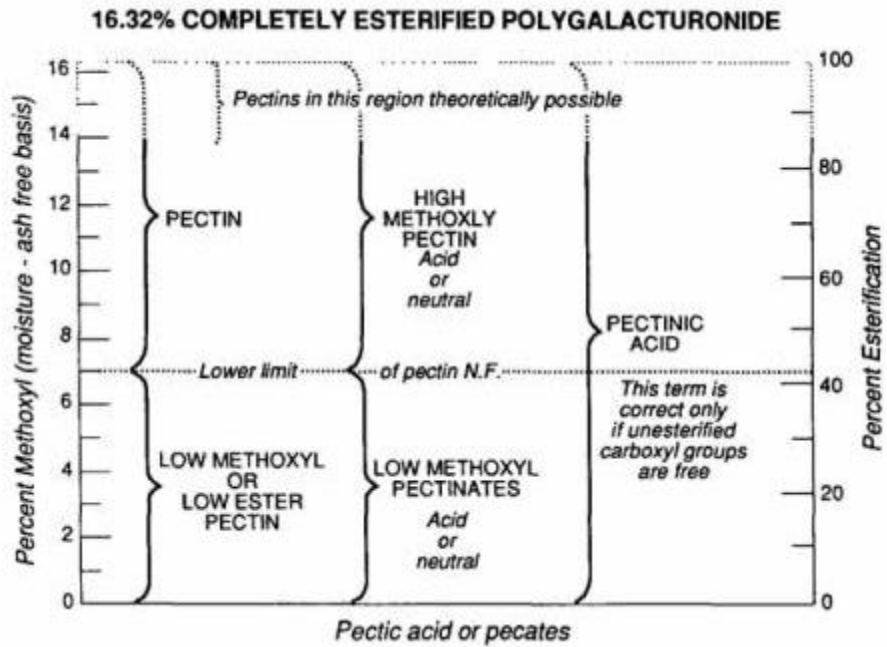
- Hidróxido de sodio
- Fenolftaleína

Procedimiento

1. De la solución preparada para la medición de Brix, se prepara para una nueva solución con 25 ml de agua destilada y 25 ml de la solución de la maracuyá.
2. Se agrega 2 gotas de fenolftaleína como sustancia indicadora.
3. Se procede a realizar una titulación de ácido – base, con la ayuda de una bureta conteniendo hidróxido de sodio 0.1 N.
4. El resultado se expresa en términos de ácido málico.

ANEXO E

Clasificación de pectinas basada en el contenido de Metoxilo



ANEXO F

Cuantificación de Ácidos Urónicos

Método utilizado por el CSIC

Fundamento

Para la cuantificación de los ácidos urónicos presentes en los hidrolizados de fibra insoluble y fibra soluble se preparan disoluciones patrón de ácido galacturónico con un intervalo de concentración de 0-300 mg/l. Se toma una alícuota de 0.5 ml y se procede igual con otras muestras.

Equipos y Materiales

- Agitador manual Vortex
- Balanza de precisión (+/-0.1 mg) modelo Boeco Germany
- Baño de agua con agitación y temperatura regulable Uritronic 320 OR, (Selecta).
- Espectrofotómetro (Beckman DU Serie 500)

Reactivos

- Ácido sulfurico al 98% (Panreac)
- Disolución de NaOH 0.5%(p/v) (Panreac).
- Disolución de tetraborato sódico 0.0125 M(Sigma) disuelto en ácido sulfúrico concentrado (Panreac)
- M-hidroxidifenilo (MHDP) (Sigma) de pureza 90% al 0.15%(p/v) en una disolución de NaOH al 0.5%
- Patrón de ácido galacturónico monohidratado.

Procedimiento

- 1.** A una alícuota de 0.5 ml de hidrolizado, se añaden 3 ml de disolución de tetraborato sódico (0.0125 M) disuelto en sulfúrico concentrado y se agita bien con un agitador. Cada muestra viene acompañada de su blanco correspondiente, realizándose al menos 6 repeticiones de la muestra.
- 2.** Se tapan los tubos y se colocan en un baño de agua a 100°C durante 10 minutos.
- 3.** Transcurrido el tiempo se sacan del baño y se enfrían los tubos en agua o hielo.
- 4.** A cada tubo preparado para muestra se le añade 50µl de NaOH 0.5%, agitándose a continuación por medio de un agitador.
- 5.** Se dejan reposar los tubos 20 minutos a temperatura ambiente, para que desarrollen el color, se mide la absorbancia a 520nm.

ANEXO G

Determinación de Calidad del Extracto de Pectina

Preparación de la muestra

Para realizar los análisis al extracto se debe someter la muestra a una preparación donde al extracto se le agrega etanol al 60% cuyo volumen es 1,5 veces el volumen obtenido en el filtrado y se agita con una varilla de vidrio para precipitar la pectina. Luego se pesa una gasa doble sobre un vidrio reloj, y se procede a filtrar lavando con dos porciones de 5ml de etanol-amoniaco para neutralizar el ácido que ha quedado en la pectina.

Por último se traslada la gasa a un vidrio reloj y se seca en la estufa a 60 °C, se deja enfriar y se pesa.

Determinación de Grupos Metoxilicos

Tomando 5.00 gramos de la muestra anterior previamente precipitada y secada se coloca la pectina en un vaso de precipitación adecuado, se revuelve por 10 minutos con una mezcla de 5 ml de Ácido Clorhídrico y 100 ml de alcohol al 60 por ciento. Transferir a un embudo de Buchner (30 – 60 ml), y lavar con seis porciones de 15 ml de la solución de ácido clorhídrico y el alcohol al 60%. Finalmente, lavar con 20 ml de alcohol, secar por 1 hora a 105°F (40.5°C), enfriar, y pesar. Transferir exactamente un décimo del total del peso neto de la muestra seca (representado 500 mg de la muestra original no lavada) a una fiola de 250 ml y mezclar con 2 ml de alcohol. Adicionar 100 ml agua libre de dióxido de carbono, insertar el tapón, agitar hasta que la pectina este completamente disuelta. Adicione 5 gotas del indicador fenolftaleína, titule con Hidróxido de Sodio 0.5N, y registre como titulación inicial. Adicione 20.0 ml de Hidróxido de Sodio 0.5 N, inserte el tapón y agite vigorosamente, deje reposar durante 15 minutos. Adicione 20.0 ml de Ácido Clorhídrico 0.5N y agite bien sin tapón

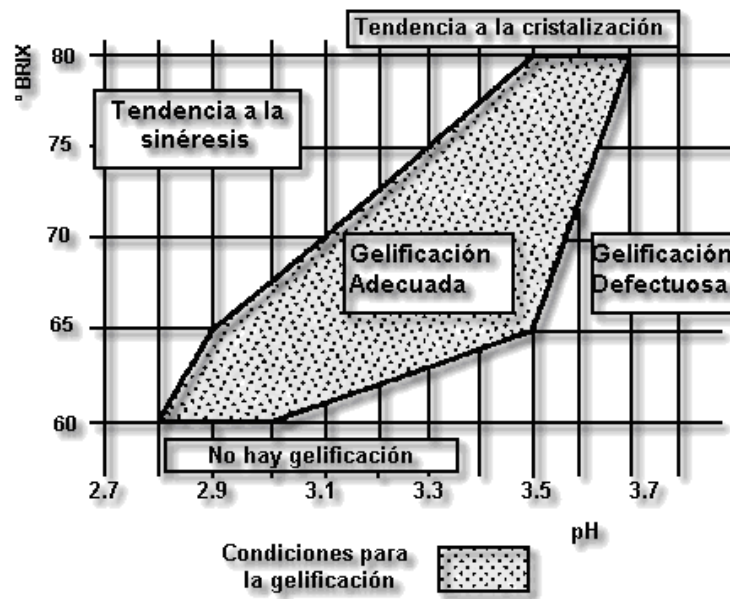
hasta que el color rosa desaparezca. Adicione fenolftaleína, y titule con Hidróxido de sodio 0.5N, hasta que un ligero color rosa persista después de una agitación vigorosa, registre este valor como titulación de saponificación. Cada mililitro de hidróxido de sodio 0.5N consumido en la titulación de Saponificación es equivalente a 15.22mg de $-\text{OCH}_3$.

Determinación de Ácido Galacturónico

El procedimiento a seguir es el mismo utilizado para la determinación de grupos metoxilos. Cada mililitro consumido de hidróxido de sodio 0.5N, en la titulación de la determinación de grupos metoxilo, es equivalente a 97.07 mg de $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_7$.

ANEXO H

Parámetros de gelificación adecuados para una pectina de alto grado de esterificación.



ANEXO I

Formato de la hoja de calificación para las evaluaciones sensoriales

Producto: Mermelada de Piña

Nombre:

Fecha:

Edad:

Pruebe las muestras que se le presentan e indique el nivel de agrado que le produce cada una de ellas de acuerdo con la escala presentada, marcando con una X el renglón que corresponda a la calificación.

ESCALA	123	580	350
Muy agradable	—	—	—
Agradable	—	—	—
Ni agradable ni desagradable	—	—	—
Desagradable	—	—	—
Muy desagradable	—	—	—

Comentarios: _____

ANEXO J

Formato de la hoja de calificación para las evaluaciones sensoriales

Producto: Mermelada de Piña

Nombre:

Fecha:

Edad:

Ante usted hay tres muestras, dos de ellas son iguales entre sí. Pruébelas e indique cual es la muestra diferente marcando con una X la clave de la muestra elegida.

580

440

386

—

—

—

Comentarios:

ANEXO K

**TABLA PARA INTERPRETACION DE RESULTADOS
DE LA PRUEBA TRIANGULAR**

Número de respuestas correctas necesario para establecer diferencia significativa

Número de jueces	NIVEL DE SIGNIFICANCIA		
	5%	1%	0,1%
7	5	6	7
8	6	7	8
9	6	7	8
10	7	8	9
11	7	8	9
12	8	9	10
13	8	9	10
14	9	10	11
15	9	10	12
16	10	11	12
17	10	11	13
18	10	12	13
19	11	12	14
20	11	13	14
21	12	13	15
22	12	14	15
23	13	14	16
24	13	14	16
25	13	15	17

ANEXO L

Fotografías del proceso de elaboración y producto obtenido



Índice de Madurez de la Materia Prima



Hidrólisis para la extracción de pectina



Pruebas de precipitación en alcohol



Pruebas de precipitación en alcohol

BIBLIOGRAFÍA

1. **FENNEMA. OWEN**, Química de los Alimentos. Segunda Edición. Editorial Acribia, Zaragoza, España. Pág. 141-143
2. **REGINALD H. WALTER**, The chemistry and Technology of Pectin. (Food Science and technology). Steve Taylor Editor, USA, 1999.
3. **REINOSO, BENJAMIN. OLLAGUE, VICENTE**. Extracción y análisis experimental de la Pectina de las Cáscaras del Limón, Naranja y Toronja. (Tesis, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil 1976).
4. **AOAC**, (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1990).
5. **PHARMACOPEIA NATIONAL FORMULARY**, United States Pharmacology, Edición 30 de Mayo, 2007 Pág. 2869.
6. **FARMACOPEA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS**, Soberon Quinta edición, Mexico 1998. Pág. 812-813.
7. **DEVIA P. JORGE**. Proceso para producir pectina pectinas cítricas, Universidad Eafit, Enero-Marzo numero 19, Medellín Colombia 2003. Pág. 21-30.
8. **ANZALDUA-MORALES, ANTONIO**, La Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica, Editorial Acribia S.A, Zaragoza, España, 1994.