

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y MANUFACTURERA



**“EXTRACCION DE LA PECTINA A PARTIR DE LA
CASCARA DEL CAMU-CAMU
(Myrciaria Dubia H.B.K. Mc. Vaugh)”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

PRESENTADO POR:

**ROSA ANITA VARGAS MAS
ELMER GONZALES BENITES ALFARO**

**LIMA – PERU
2002**

La naturaleza ya hizo bastante con el Camu Camu
nos toca ahora la responsabilidad de convertirlo
en una eterna fuente de bienestar para
los Amazónicos y la humanidad



RESUMEN

El estudio tecnológico que se presenta, tiene como objetivo la obtención de la **PECTINA** a partir de la cáscara del **CAMU – CAMU** (**Myrciaria Dubia H.B.K. Mc Vaugh**), esto implica fundamentalmente el estudio de los parámetros de extracción y que influyen en el rendimiento y la calidad del producto. El camu camu presenta un gran potencial de desarrollo en la actividad agroindustrial y farmacológica, con fines de exportación.

Otro objetivo del estudio es, buscar aprovechar este recurso con mayor amplitud, y ante la gran demanda internacional de la pulpa del Camu – Camu, requerido por su alto contenido de ácido ascórbico, que ha despertado gran interés para su explotación por empresas, quienes con embarcaciones recorren los lugares de cosecha y cultivo acopiando este fruto prodigioso; sin embargo luego de tener el fruto y despulparlo, se desecha la cáscara y semillas. En raros casos esta cáscara se usa como abono, y en otros simplemente es arrojando a los ríos (para alimento de peces como la *gamitana*), o se desecha como basura, por lo que pasa a engrosar el gran volumen de materia orgánica contaminante. Ante estas circunstancias y para evitar efectos negativos en el ecosistema, en busca del aprovechamiento de la cáscara del Camu – Camu, como una posible solución a este problema y como alternativa complementaria en la industrialización de este fruto oriundo de la amazonía peruana, la **extracción de la Pectina** ácida, es una posibilidad que se presenta.

El método usado de extracción de la Pectina de la cáscara del Camu-Camu, es fundamentalmente mediante una hidrólisis ácida, a un pH entre 1.8 - 2, con una relación carga / agua de 1:1.5, a la temperatura de 65°C y por un tiempo de 45 minutos, seguido de una precipitación con un solvente orgánico (alcohol 96°).

La pectina extraída, tiene entre sus características principales, un color rojizo debido al color natural del fruto, pero que mediante un buen lavado es factible

decolorar. Asimismo, presenta un alto porcentaje de grupos metoxilos (9.93 %), bajo contenido de Acetil (0.59 %), alto contenido de ácido galacturónico (85.42 %) y sobre todo su alto grado de gelificación (alrededor de 140-160). Cabe indicar que el grado fue determinado por ensayos comparativos con geles de una pectina estándar a 65% de sólidos solubles.

De los resultados de este estudio se determina, que al igual que obtener Pectina de la manzana, naranja o limón, en el caso del Camu-Camu constituye una alternativa de industrialización por los motivos antes indicados, a la vez que se obtiene un producto de buena calidad. En cuanto a los costos de producción son relativamente bajos, se recupera gran porcentaje del precipitante, así como con la cáscara agotada se puede hacer uso en la industria de alimentos concentrados para animales.

Se determinó asimismo, que la manufactura de pectina es ideal tomando la cáscara fresca de la fruta; sin embargo puede ser posible que las cáscaras sean secadas apropiadamente, deshidratándolas y estabilizándolas, a fin de ser trasladadas a grandes distancias. Se comprobó también que la pulpa de este fruto cítrico es fuente potencial de sustancias pécticas.

En consecuencia, se debe dar prioridad a la industrialización del Camu- Camu, su promoción es responsabilidad de todos, que conllevará a un adecuado cultivo tecnificado, incrementándose la productividad para la obtención de la pulpa y la extracción del ácido ascórbico, su uso en la alimentación como néctares, mermeladas etc.. Por otro lado, el aprovechamiento de los desechos como la cáscara en la extracción de la pectina y colorante, así como de las semillas para extracción de aceite.

INDICE

CAPITULO I: INTRODUCCION	1
CAPITULO II: ASPECTOS TEORICOS:	4
2.1. EL CAMU-CAMU	5
2.1.1. Descripción	5
2.1.2. Clasificación Botánica	7
2.1.3. Características Botánicas	8
2.1.4. El Camu-Camu y los derivados en la Industria.....	11
2.1.5. El Camu-Camu como fuente de colorante natural. Importancia económica, exportación	14
2.1.6. El Camu-Camu como fuente del Acido Ascórbico. Su importación e importancia económica.....	15
2.1.7. El Camu-Camu como fuente de PECTINA. Importancia económica.....	17
2.1.8. Producción del Camu-Camu en el Perú.	18
2.2. SUSTANCIAS PECTICAS	23
2.2.1. Generalidades	23
2.2.2. Sustancias pécticas y su presencia en las plantas	28
2.2.3. Propiedades características de las Pectinas.	30
2.2.4. Usos y aplicaciones de la Pectina.	30
2.2.5. Características:	35
a. Características Químicas.....	35
b. Características Físicas:.....	36
2.2.6 Métodos de extracción de la Pectina.	40
2.2.7. Métodos de purificación de la Pectina.	41

CAPITULO III: TECNOLOGIA DE LA EXTRACCION DE LA PECTINA... 43

3.1. Procedimiento Experimental a nivel Laboratorio.....	44
3.1.1. Preparación de la materia prima.....	44
a. Selección.....	44
b. Lavado.....	45
c. Pelado y separación de la cáscara.....	46
d. Triturado.	47
3.1.2. Obtención de la Pectina.....	47
a. Extracción (Hidrólisis)	47
b. Filtración	49
c. Precipitación	50
d. Filtración.....	51
e. Purificación	52
f. Secado	53
g. Molienda	54

CAPITULO IV: RESULTADOS EXPERIMENTALES..... 57

4.1. Análisis del fruto: El Camu Camu	58
4.2. Rendimiento de la Pectina por extracciones a diferentes relaciones carga/solvente.	58
4.3. Efecto de la Temperatura en el proceso.....	61
4.4. Tiempo de calentamiento en la hidrólisis.....	63
4.5. Variación del rendimiento con la acidez (pH) en la hidrólisis.....	66
4.6. Resultados óptimos de los parámetros analizados.	68

CAPITULO V: CARACTERIZACION DE LA PECTINA	69
Caracterización de la Pectina obtenida a nivel laboratorio	70
5.1. Análisis de la humedad de la materia prima y del producto	70
5.1.1. Humedad de la materia prima.	70
5.1.2. Análisis de la humedad del producto.	71
5.2. Análisis de cenizas totales al producto.	72
5.3. Contenido de Metoxilo en el producto	74
5.4. Contenido de Acetil.	76
5.5. Contenido del Acido Galacturónico	77
5.6. Determinación del grado de esterificación.....	78
5.7. Análisis de la viscosidad.....	78
5.8. Análisis de la acidez (pH).	81
5.9. Análisis Microbiológico del producto.	81
5.9.1. Resultados	81
5.9.2. Procedimiento del análisis.	81
5.10. Especificaciones comerciales de la Pectina obtenida... 85	
5.10.1. Determinación del grado de gelificación del producto.....	85
5.10.2. Determinación de la temperatura de gelificación.....	88
5.10.3. Determinación del tiempo de gelificación.....	89

CAPITULO VI: BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA.	91
6.1. Balance de Masa.....	92
6.2. Balance de Energía.....	95
CAPITULO VII: ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.	99
CAPITULO VIII: COSTO DE PROCESAMIENTO	103
CAPITULO IX: CONCLUSIONES.	107
CAPITULO X : BIBLIOGRAFIA	109
CAPITULO XI: APENDICE	115
Apéndice A: Instrumental empleado	116
Apéndice B: Especificaciones Oficiales de pureza para Pectina comerciales.	120
Apéndice C: Cuadros:	
12.C.1. Proyecciones de oferta potencial de fruta y pulpa de camu camu	121
12.C.2. Producción, superficie y rendimiento de camu camu, 1999.	122
12.C.3. Precio promedio mensual de camu camu en 1999	123
Apéndice D: Tabla de factores de calibración del viscosímetro de ostwal.	124
Apéndice E: Perfil de diseño y selección de equipos.	125
Apéndice F: Determinación del grado de gelificación de la pectina Mediante la viscosidad intrínseca.....	141

CAPITULO I
INTRODUCCION

INTRODUCCION

El aporte de tecnología para aprovechar recursos naturales de la Región Amazónica es el objetivo central de esta propuesta; así el empleo de materia prima consistente en cáscara del Camu-Camu, es buscar, aprovechar y tecnificar el empleo de este desecho industrial, como fuente adicional de Pectina

El Camu Camu es un frutal nativo de la Amazonía Peruana con gran potencial económico para la agroindustria y agro exportación, su importancia está basada en el alto contenido de vitamina C (2800 mg de ácido ascórbico en 100g de pulpa).

Fig. 1.1. La planta de Camu Camu



El cultivo del Camu-Camu se realiza en la zona de selva del Perú, especialmente en Iquitos, Pucallpa, también se están realizando plantaciones en la zona de

Tarapoto y Moyobamba. El hábitat natural del Camu-Camu son los suelos aluviales inundables, crece así de manera natural en las orillas de los ríos, cochas y cursos menores de agua en la Amazonía. Su distribución natural indica que la mayor concentración de poblaciones y de diversidad se encuentra en la Amazonía peruana a lo largo de los ríos Ucayali, Amazonas y sus afluentes, en el sector ubicado entre las localidades de Pucallpa (sobre el río Ucayali) y Pebas (sobre el río Amazonas).

El fruto del Camu Camu es de color rojo intenso a morado, es de cáscara apergaminada y la pulpa de esta fruta tiene el más alto contenido de ácido ascórbico, proteínas, carbohidratos. Por su parte la cáscara contiene pectina y antocianina del cual se obtiene colorante, que es motivo también de investigación tecnológica.

La pectina obtenida de las frutas posee propiedades gelificantes naturales, cuya principal aplicación se da en la industria alimentaria para la preparación de jaleas, mermeladas, etc., y en la industria farmacéutica como coagulante sanguíneo y emulsificante.

La pectina cítrica es un aditivo alimentario que no se produce en nuestro país ni en los demás países del Grupo Andino, en consecuencia, toda la demanda industrial es importada.

CAPITULO II

ASPECTOS TEORICOS SOBRE EL CAMU-CAMU

ASPECTOS TEÓRICOS

2.1. EL CAMU CAMU

2.1.1. Descripción

Los cítricos en el Perú constituyen el grupo de frutales de mayor importancia económica. El Camu Camu es una fruta cítrica de ramas muy quebradizas, puede alcanzar de 6 a 8 metros de altura, crece en zonas donde existe el agua, en las cochas de ríos y lagos, crece en forma silvestre en suelos aluviales que se inundan por varios meses durante la época de lluvia, pasan 6 a 7 meses con agua y 4 a 5 meses sin agua, existiendo dos especies el arbustivo y el arbóreo.

Fig. 2.1. Plantación de Camu Camu en las riberas del río Amazonas



El arbustivo fue identificado inicialmente como *Myrciaria paraensis* Berg por Mc Vaugh (1958), pero él mismo en 1963 revisó y posteriormente cambió la nomenclatura a *Myrciaria Dubia* H.B.K., siendo esta la especie objeto de estudio de esta Tesis.

Otros sinónimos aceptados para la clasificación del Camu Camu son: *Myrciaria divaricata* O. Berg, *M.Spruceana* O. Berg, *Psidium dubium* H.B.K.

El segundo tipo de Camu - Camu es el arbóreo que no ha sido investigado ni clasificado taxonómicamente. Es posible que se trate de *Myrciaria floribunda* o *Myrciaria* sp.

Cuadro N° 2.1: Principales características diferenciales entre dos variedades de Camu-Camu:

Característica	<i>Myrciaria dubia</i>	<i>Myrciaria</i> sp
Tamaño de planta	Arbusto	Árbol
peso del fruto	10 g. a 20 g	23 g. a 40 g.
Color del fruto	rojo intenso a morado	Morado a marrón
Cáscara del fruto	Apergaminada	semi leñosa
semillas por fruto	1 a 4	1 a 2
Fruto	menor tamaño	mayor tamaño
Contenido de ácido ascórbico	Mayor	Menor

El Camu Camu arbustivo es un fruto que es oriundo de la amazonía, se encuentra a lo largo del río Amazonas hasta el estado

de Amazonas en Brasil, así como en la cuenca superior del río Orinoco y en el estado de Rondonia-Brasil; Sin embargo la especie en estas zonas no es tan frecuente y abundante como lo observado a lo largo de los ríos y lagos en la Amazonía peruana, donde se encuentran grandes poblaciones nativas.

2.1.2. Clasificación Botánica

Al fruto comúnmente llamado Camu Camu, le corresponde el nombre científico **Myrciaria dubia (H. B. K) Mc Vaugh.**

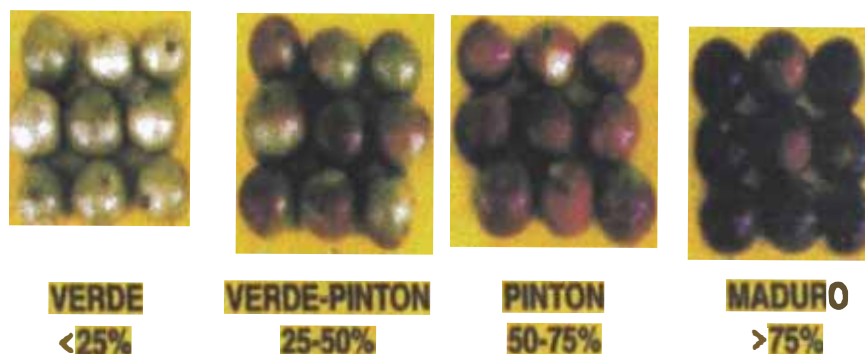
Cuadro N° 2.2: Clasificación Taxonómica del CamuCamu:

Clase	Dicotiledóneas
Orden	Myrtáceas
Familia	Myrtaceae
Genero	Myrciaria
Tipo	Fanerógamas
Sub tipo	Angiospermas
Especie	Dubia H.B.K. Mc Vaugh

2.1.3. Característica Botánicas

El Camu Camu es un fruto globoso de 2 a 4 centímetros de diámetro, de color rosado hasta granate oscuro, presenta cuatro estados de maduración: verde (0% de coloración granate), verde pintón (25% a 50 % de coloración granate), pintón (de 50 a 75 % de coloración granate), este es el estado que debe cosecharse para su comercialización, y el estado maduro (mayor del 75% de coloración granate), ver Fig. 2.2

Fig. 2.2. Estado de madurez del Camu-Camu



Selección por estado de maduración

Este fruto de piel apergaminada y brillante de color rojo oscuro tiene una pulpa con bastante jugo que contiene gran cantidad de ácido ascórbico, se reporta según estudios de 2,994 mg por 100 g. de pulpa (2780 mg. como ácido ascórbico reducido). El contenido de proteínas está entre 0,5 mg./100, el de carbohidratos en 4.7 mg./100g., mientras que los demás constituyentes se encuentran en cantidades similares al de otras frutas. El peso del fruto es de 10 a 20 gramos.

Fig.2.3. Fruto del Camu Camu



Cuadro N° 2.3. Valor nutricional de 100 g de pulpa de Camu-Camu:

Componente	Unidad	Valor
Agua	g.	94.4
Valor energético	cal.	17.0
Proteínas	g.	0.5
Carbohidratos	g.	4.7
Fibra	g.	0.6
Cenizas	g.	0.2
Calcio	mg.	27
Fósforo	mg.	17
Hierro	mg.	0.5
Tiamina	mg.	0.01
Riboflavina	mg.	0.04
Niacina	mg.	0.062
Acido Ascórbico reducido	mg	2,780
Acido Ascórbico Total	mg.	2,994

El Camu Camu es un arbusto que alcanza hasta 6 a 8 m de altura, se ramifica desde la base formando varios tallos secundarios que a su vez se ramifican en forma de vaso abierto. El tallo y las ramas son cilíndricos, lisos, de color marrón claro o rojizo y con corteza que se desprende de forma natural, las raíces son profundas y con muchos pelos absorbentes, las hojas son aovadas elípticas hasta lanceoladas, su longitud varía entre 4.5 y 12 cm. y el ancho entre 1.5 y 4.5 cm, ápice muy puntiagudo y base redondeada, tiene el borde liso y las nervaduras muy tenues.

Fig.2.4. Plantación de Camu Camu, en fruto



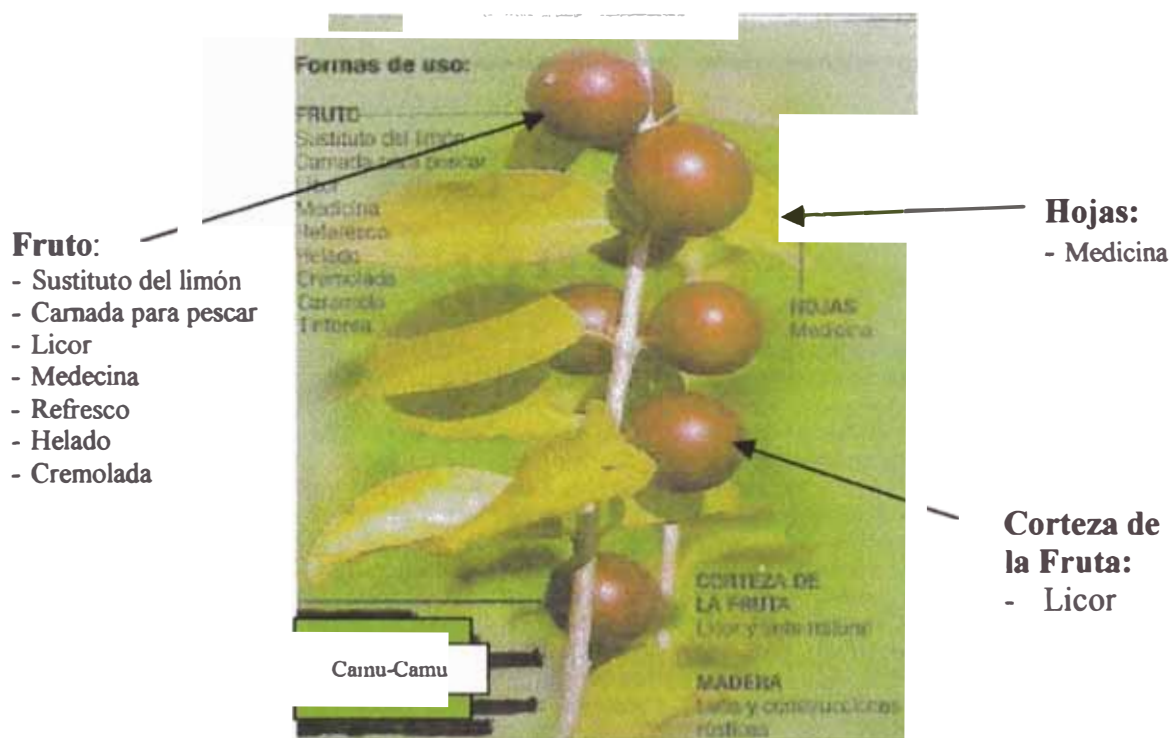
El fruto es globoso de superficie liza y brillante de color rojo oscuro y tiene una a cuatro semillas por fruto. La floración generalmente empieza cuando la planta alcanza un diámetro basal de 2 cm. , la floración natural se produce cuando los ríos han disminuido su caudal, normalmente se presentan en los meses de setiembre y Octubre; la fructificación se presenta en los meses de Diciembre y Febrero dependiendo de las localidades, en plantaciones efectuadas en zonas con buen drenaje lejos de la

influencia de las inundaciones, la floración presenta dos picos al año. El primero se da entre los meses de Setiembre y Octubre y el segundo entre los meses de Marzo y Abril, con la fructificación produciéndose tres o cuatro meses mas tarde.

2.1.4. El CAMU-CAMU y los derivados en la Industria

La fruta del Camu Camu se utiliza en la alimentación humana, la pulpa es empleada en consumo directo para la preparación de refrescos, cocteles, en la agroindustria se elabora néctares, vinos vinagres y helado, también puede ser empleado para la fabricación de jugos, concentrados, mermeladas y para la obtención de ácido ascórbico natural.

Fig. 2.5. Formas de usos directas



El jugo y los helados de Camu Camu son producidos y consumidos de manera tradicional en las poblaciones donde se encuentra esta fruta. Debido a su alto contenido de ácido ascórbico la pulpa tiene que ser diluida previamente a su consumo. Su mayor importancia es constituir materia prima para la industria farmacéutica, cosmetología y elaboración de bebidas gaseosas y confitería (Fig.2.6).

Los concentrados no son preparados todavía, debido a la ausencia de materia prima, que no ha podido desarrollar extensivamente la tecnología. Sin embargo, algunas empresas privadas están efectuando ensayos para producir concentrados tipo pasta diluida o "squash" diluido, en los cuales se mantiene al máximo la vitamina C natural que posee el Camu Camu.

Fig. 2.6. El Camu Camu en confitería



Probablemente uno de los principales usos que se da a la pulpa de Camu Camu será en la producción de refrescos naturales o "healthy drinks", que sería distribuida por la industria de las

bebidas. Normalmente la industria de bebidas absorbe el mayor porcentaje de las importaciones de las frutas tropicales. Investigaciones efectuadas en Bélgica indican que el Camu Camu es un excelente fuente de vitamina C natural, con mayores concentraciones que los otros frutales tradicionalmente proveedores de ácido ascórbico, tal como se puede ver en el siguiente cuadro:

Cuadro N°.2.4. Contenido de Acido ascórbico, proteínas y carbohidratos (mg/100g), en la pulpa de algunas frutas tropicales:

Fruta	Acido Ascórbico	Proteínas	Carbohidratos
Piña	20	0.4	9.8
Maracuya (jugo)	22	0.9	15.9
Fresa	42	0.7	8.9
Limón (jugo)	44	0.5	9.7
Guayaba	60	0.5	14.9
Naranja ácida	92	0.6	10.1
Marañon	108	0.8	10.5
Acerola (total)	1300	0.7	6.9
Camu Camu	2780	0.5	5.9

Los néctares y mermeladas son otra manera de como la pulpa de la fruta es utilizada. Estas formas de utilización son limitadas. En el caso de las mermeladas la pulpa de Camu Camu debe ser diluída con pulpa de otra fruta, por su alto contenido de acidez.

Las investigaciones en el campo de la medicina han determinado que las personas con alto nivel de vitaminas antioxidantes en la sangre tienen menos posibilidades de desarrollar enfermedades degenerativas. Asimismo el Camu Camu es un eficiente astringente, antiinflamatorio y nutritivo.

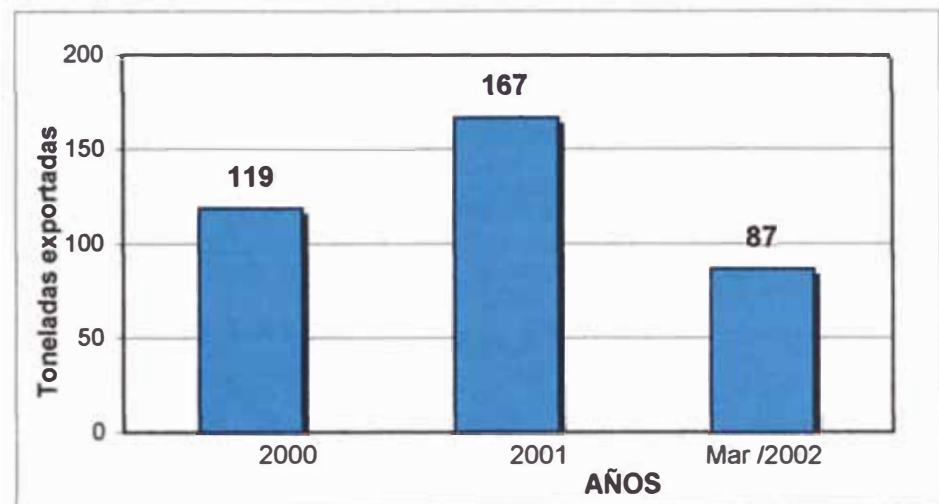
2.1.5. El Camu-Camu como fuente de colorante natural. Exportación e importancia económica.

Se ha llegado a establecer que la ANTOCIANINA es un colorante que podría resultar una buena fuente de ingresos por sus interesantes proyecciones comerciales en el exterior. El maíz morado es fuente importante de antocianina, sin embargo su presencia en el fruto del Camu-Camu debe ser motivo de estudio, a fin de determinar sus características para ser usado en alimentos y otras industrias. Cabe resaltar que obtener Antocianina como derivado del Camu-Camu, le dá más importancia no solo económica sino también social a este fruto de la selva, ya que permite dar trabajo a los pobladores de esta región. Otro valor intrínscico de este colorante es, el sólo hecho de ser un producto de procedencia natural. El precio de este colorante en el mercado nacional es atractivo, en promedio está a \$.55.00 el Kilogramo.

A continuación en la Fig. N° 2.7., se indica la exportación de antocianina en los tres últimos años, que se puede muy bien

umentar con la producción del colorante a partir del Camu-Camu, con el consiguiente beneficio económico para el país.

Fig. N°. 2.7. Exportación de Antocianina



Fuente: Instituto Nacional de Investigación Agraria-UNALM

2.1.6. El Camu Camu como fuente de ACIDO ASCÓRBICO. Importancia económica.

El Camu Camu por su alto contenido de vitamina C en una proporción de 60 veces mayor que el limón en ácido ascórbico, ha despertado gran interés en los mercados internacionales, uno de ellos es el Japón, a donde se exporta grandes cantidades la pulpa de este producto natural. A partir de la demanda mundial, los empresarios y el gobierno peruano inician acciones destinadas al estudio de la producción y procesamiento con fines de exportación; actualmente la demanda internacional de pulpa congelada de Camu Camu está por encima de las 20,000 toneladas métricas y la demanda sigue creciendo en Japón, Estados Unidos y Europa.

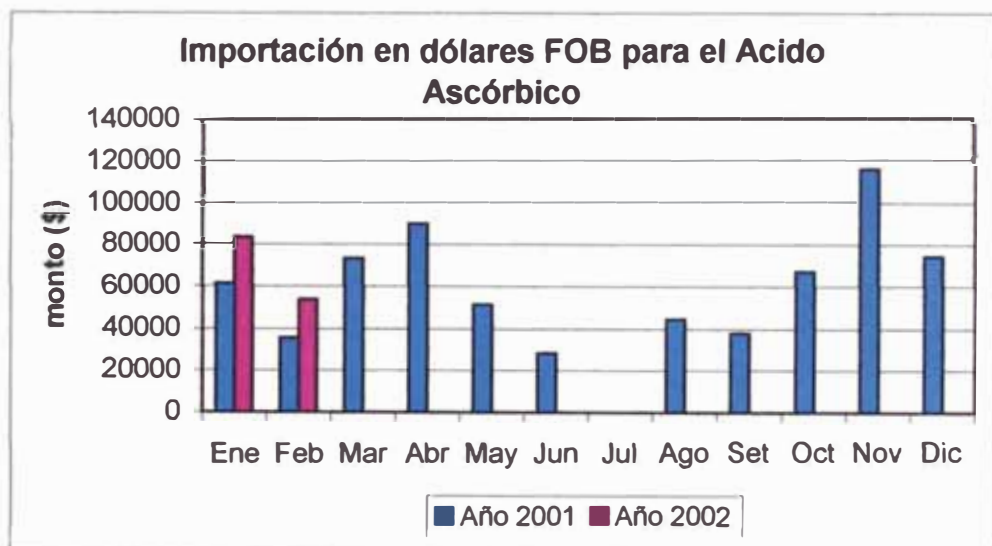
Importancia Económica :

El ácido ascórbico, económicamente es el producto más importante de esta fruta, y en el país cada año viene aumentando su importación de este ácido a pesar de tener la pulpa del camu-camu, que como se indica es la materia prima más interesante, que se exporta a países extranjeros que la procesan para extraer este producto. Su característica importante es, ser derivado de un producto natural, con las ventajas que por este motivo representa.

En la importación de ácido ascórbico al país, se gasta 680,516.38 dólares FOB, que de producirse en el país, se ahorraría grandes divisas para nuestra patria.

Para observar la importancia económica que significaría la producción de ácido ascórbico en el país, se presenta en la Fig. ° 2.8., la importación de este producto durante el año 2001 e inicios del presente año, de donde se concluye además que existe un incremento progresivo de su consumo, comparando los meses de Enero y Febrero de estos dos años.

1.3 Fig. N° 2.8.



Fuente : Aduanas del Perú.

2.1.7. El Camu Camu como fuente de PECTINA. Importancia económica.

La extracción de la Pectina ácida teniendo como fuente el Camu-Camu, no es conocida en la actualidad, por lo que el presente trabajo tiene como finalidad presentar una alternativa más para obtener pectina, considerándose que generalmente son los productos naturales cítricos los que en su mayoría presentan gran porcentaje de sustancias pécticas.

El uso de la cáscara del Camu-camu para la extracción de pectina, puede ayudar a una mejor rentabilidad en la implementación de una Planta de obtención de ácido ascórbico a partir de esta fruta, ya que a la fecha solamente se extrae la pulpa y se exporta ésta como materia prima, por lo que se debe aprovechar los residuos de este proceso de despulpado, obteniendo la pectina de la cáscara, usando los diferentes métodos de proceso, como el que se presenta en este trabajo de investigación tecnológica.

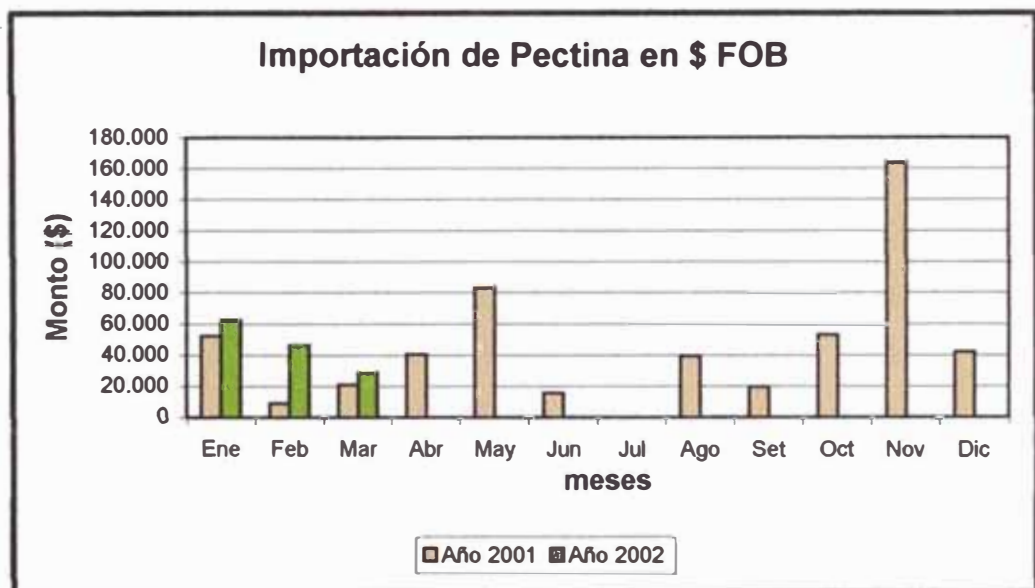
Importancia Económica de la Pectina:

La Pectina ácida, es un producto muy usado en la industria alimentaria y en otros campos como se detallará mas adelante, sin embargo en la actualidad no se produce en nuestra patria, esto significa que su importación irroga pérdida para el país. Su producción es una necesidad imperativa, toda vez que su demanda nacional va en aumento conforme se observa en la Fig. 3.10, por sus propiedades singulares de gelificación y procedencia natural.

Se debe buscar la manera de producir este producto, no solamente a partir del Camu-Camu, sino de otros recursos naturales que abundan en el país, como es el caso mexicano en donde últimamente se está produciendo pectina con excelentes propiedades de gelificación, a partir de la penca del NOPAL (que también abunda en el Perú), aprovechándose no solamente su mucílago sin propiedades gelificantes y que ha sido descrito como pectina con propiedades fisicoquímicas y reológicas ampliamente estudiadas.

El precio de la Pectina en el mercado nacional es de \$19.17 por Kilogramo. A continuación en la Fig. °.2.9., se puede apreciar la cantidad de dólares FOB por importar Pectina en el año 2001 y primeros meses del presente año, y que tiene una tendencia ascendente.

Fig. N° 2.9.



Fuente : Aduanas

2.1.8. Producción del Camu Camu en el Perú

De acuerdo a las investigaciones, el Perú es el país donde se estima se originó el Camu Camu y donde se generó la tecnología para el cultivo.

En la actualidad, los datos estadísticos que se manejan sobre la cantidad de hectáreas en la producción de Camu Camu, se tiene:

– **En forma silvestre:**

En el Perú, están entre 250 y 300 Hás., es decir, solo los referidos a las poblaciones naturales, las misma que se distribuyen en las siguientes cuencas:

Marañon	:	Río Tigre
Ucayali	:	Supay Iricahua, Manantay.
Amazonas	:	Ríos Napo, Nanay, Itaya, Maniti, Ampiyacu, Oroza y Apayacu

En dichas áreas por cada Há., se calcula una producción anual estimada de 8000 a 14000 Kg, lo que equivale a decir, que al año se podría disponer entre 2000 a 4200 TM. de fruta. Los picos de cosecha se generan entre los meses de Diciembre y Marzo. Ver Fig. 2.10., Mapa de distribución y cultivo agrícola.

– **En forma de plantaciones tecnificadas :**

Por la gran acogida a este fruto, en los años recientes se han establecido en la Amazonía Peruana varios proyectos para

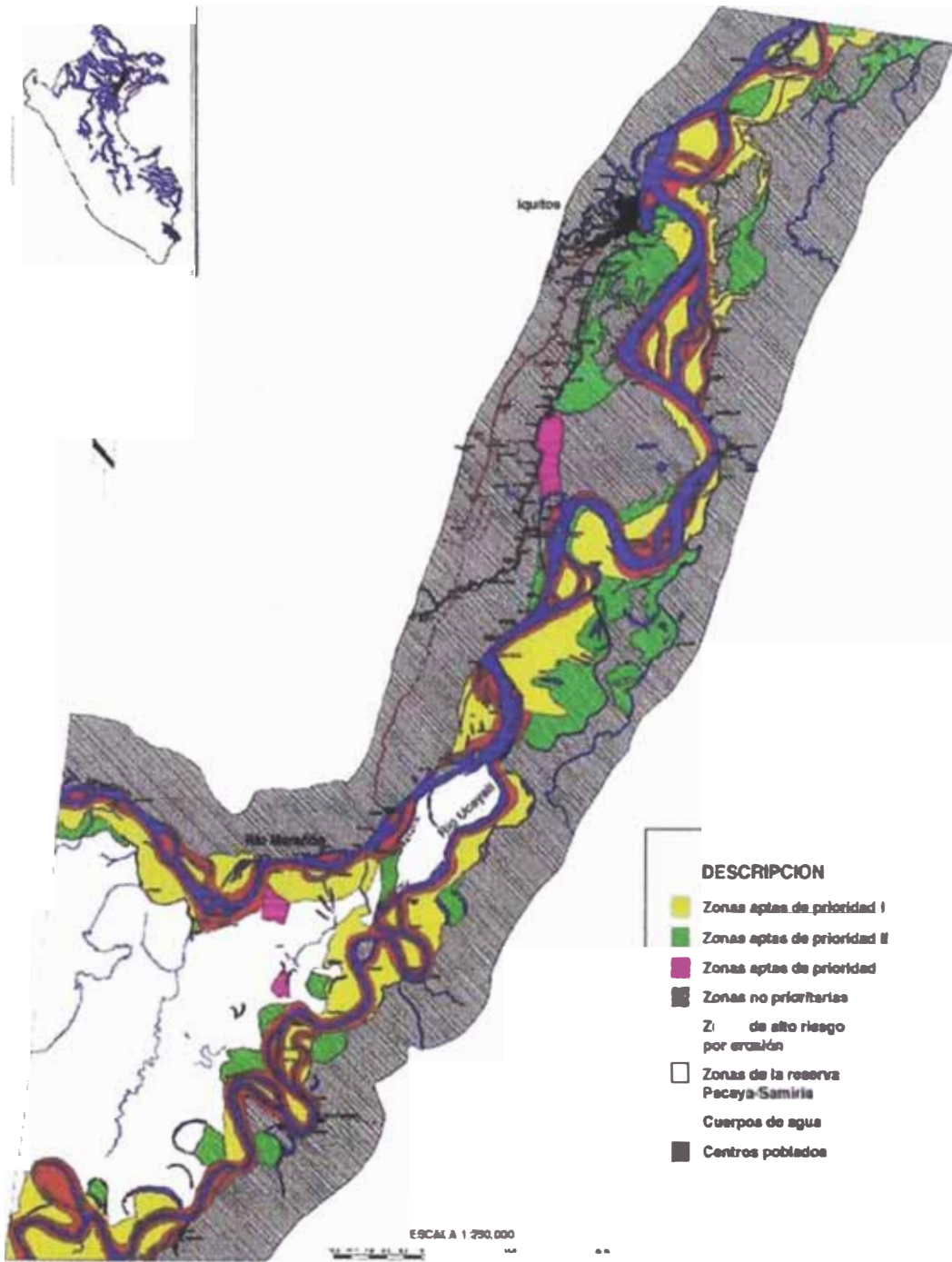
cultivo del Camu-Camu. Por ejemplo el Proyecto Winrock - ADES, se propuso instalar 300 Hás., de cultivo hasta el año 2000, habiéndolo logrado de sobra, ya que hasta Febrero del 2000, el cultivo que tenían era de 225 Hás.(en 1998 : 65 Hás., en 1999: 100 Hás. y DECA: 60 Hás.), siendo líder en la tecnología del Camu-Camu en el sector privado. De estas 225 Há. conducidas por el proyecto Winrock - ADES y por DECA, en el 2001, se esperaba obtener alrededor de 100 TM de fruta y con rendimientos ascendentes entre el año 2002 y subsiguientes. Lo que significa, que para el 2005, estarán en la capacidad de producir fruta para obtener más de 800 TM de pulpa de Camu Camu, y así sucesivamente como se aprecia en el Cuadro 2.5.

Por otro lado, el " Proyecto de Inversión de la empresa " Frutos Nativos SRL", para el cultivo y explotación de Camu-Camu en Pucallpillo (Pucallpa-Perú) ", estima que el área total sembrada con Camu-Camu está alrededor 2,700 Hás.

Las plantaciones comerciales recién se están empezando a efectuar en gran escala, como la implementada por agroindustria San Juan, empresa integrada al consorcio de Backus , en Pucallpa con 40 Hás iniciales, para llegar a una meta de 100 Hás. mejorando su productividad con plantaciones injertadas.

En conclusión, se han identificado 1,400 Hás. de plantaciones naturales e instalado en campo definitivo 5,384 Hás. de manera cultivada. En el Cuadro 2.6., se aprecia los lugares potenciales en el cultivo de Camu-Camu, y que se está expandiendo a otras zonas por la gran demanda existente.

Fig.Nº.2.10. Distribución Geográfica de cultivo



Fuente: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana

Cuadro N° 2.5. Plantaciones Proyectadas por DECA S.R.L.

Año	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2009	2010
Hás sembradas En Pucallpa	300							
Hás Sembradas en Aguaytia		200						
TN. de fruta al año	0	0	0	150	480	870	3450	3450
lote de 300 has	0	0	0	0	100	320	2160	2300
lote de 200 has	0	0	0	150	580	1190	5610	5750
Total 500 hás								
TN. De pulpa al año								
lote de 300 has	0	0	0	82,5	264	478.5	1895.5	1897.5
lote de 200 has	0	0	0	0	55	176	1188	1265
Total 500 hás	0	0	0	82,5	319	654.5	3085.5	3162.5

Fuente: DECA

Cuadro No2.6. Ambito de áreas potenciales de cultivo de camu camu

DEPARTAMENTO	PROVINCIA
LORETO	Maynas, Requena, Loreto, Ucayali Ramón Castilla, Alto Amazonas
UCAYALI	Coronel Portillo, Padre Abad
SAN MARTIN	Tocache, Lamas

La producción del camu-camu puede otorgar una proyección de la oferta de fruta fresca en el país de 747 MTM. en el año 2000 hasta de 34,576 MTM en el año 2010 , que se puede ver en el Cuadro N°.11.C.1. del Apéndice C. Además se presentan en el indicado Apéndice, la producción anual de Camu-camu (Cuadro N°.11.C.2),

Producción superficie cosechada y rendimiento de camu-camu, también se indica el precio promedio mensual en chacra de camu-camu datos referidos al año 1999(Cuadro.11.C.3). Estas proyecciones están hechas en función a los rendimientos por hectárea por tecnología utilizada(plantas francas e injertadas) en 1997, sin considerar incorporaciones de nuevas siembras en un escenario realista, donde se puede ver que la producción aumentará durante el ciclo productivo del cultivo que incrementará su rentabilidad hasta el décimo año.

En conclusión de estas proyecciones lo más importante que preveen, es que respecto a la posibilidad de exportación de pulpa de camu-camu a partir del 2003, el país debe estar preparado para satisfacer la demanda de aproximadamente 60% de jugos y néctares del mercado más desarrollado (Japón). Asimismo, se debe dar prioridad a la adecuada industrialización de los desechos (cáscara) que también serán abundantes.

2.2. SUSTANCIAS PECTICAS

2.2.1. Generalidades

Se da esta denominación a carbohidratos coloidales complejos que se hallan en las plantas, formados por cadenas de moléculas de ácido galacturónico unidos por enlace glicosídicos; algunos grupos carboxílicos de algunos eslabones de ácido galacturónico están esterificados por el grupo metilo y otros carboxílicos están neutralizados por uno o más bases. En conclusión, la Pectina es el Acido poligalacturónico parcial o totalmente esterificado con alcohol metílico.

Definiciones principales:

a. Protopectina

Sustancia péctica insoluble en agua, se halla en las plantas, y por hidrólisis restringida dá ácidos pectínicos, es el precursor de la Pectina.

b. Acidos Pectínicos

Son ácidos poligaraturónicos (ácidos pécticos), de naturaleza coloidal, donde algunos carboxílicos se hallan esterificados por el metilo. Las sales de los ácidos pectínicos son pectinatos ácidos o neutros. El vocablo pectina designa ácidos pectínicos que contienen por lo menos 7 - 8 % de metoxilo y son capaces de formar geles (jaleas) con azúcar o con otros compuestos polihidroxilados y ácido en adecuadas condiciones.

c. Acido Péctico

Nombre que se da a los ácidos poligalacturónicos que no contienen grupos carboxílicos esterificados. Las sales de los ácidos pécticos son pectatos ácidos neutros.

d. Estructura Química

La pectina es un polisacárido complejo de naturaleza ácida, es un coloide reversible, de tipo liofilico, sus soluciones desvían a la derecha la luz polarizada. La pectina bruta contiene muchas impurezas, como celulosa, pentosanas (arabano), galactosanas y otros compuestos, pero puede purificarse mediante repetidas disoluciones y precipitaciones.

Según SCHNEIDER⁽¹⁹⁾ y sus colaboradores, la pectina se considera hoy, como una larga cadena de moléculas de ácido poligalacturónico con grupos carboxílico, parcialmente esterificados con el alcohol metílico.

Las pectinas obtenidas de diversas frutas varían considerablemente en su capacidad de formar geles en virtud de las distintas longitudes de sus cadenas de ácido poligalacturónico y del diferente grado de esterificación de sus grupos carboxilo con el alcohol metílico.

Las pectinas pueden experimentar hidrólisis ácida, alcalina o enzimático. La primera fase de la misma es la eliminación de un número variable de grupos metoxilo, que deja finalmente como resto un ácido poligalacturónico llamado ácido Péctico, libre por completo de grupos metoxilo. Los numerosos intermediarios que aún tienen un número variable de grupos metoxilo dan lugar a un gran grupo de ácidos pectínicos, este es el motivo principal por la que la palabra pectina se puede considerar como nombre genérico que cubre una amplia gama de ácidos pectínicos que difieren solo en el grado de esterificación.

Según Cheftel (1976)⁽¹⁸⁾, las sustancias pécticas son polímeros lineales de ácido galacturónico que tienen una parte más o menos amplia de grupos carboxilo esterificados por radicales metilo y los restantes grupos carboxílicos existen en forma libre, donde la unión de las moléculas es glucosídica. Su grupo fundamental es el ácido D-galacturónico, que corresponde a un ácido aldehído carbonílico que por reducción da lugar a la D-galactosa.

Fig. N° 2.11. Cadena de Acidos Poligalacturónicos de enlaces glicosídicos 1,4

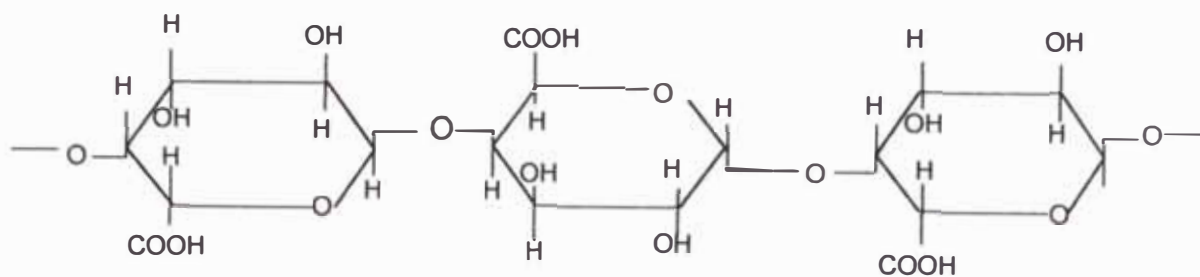


Fig. N° 2.12. PECTINA: Cadena de Acido Poligalacturónico con grupos carboxílicos parcialmente esterificados

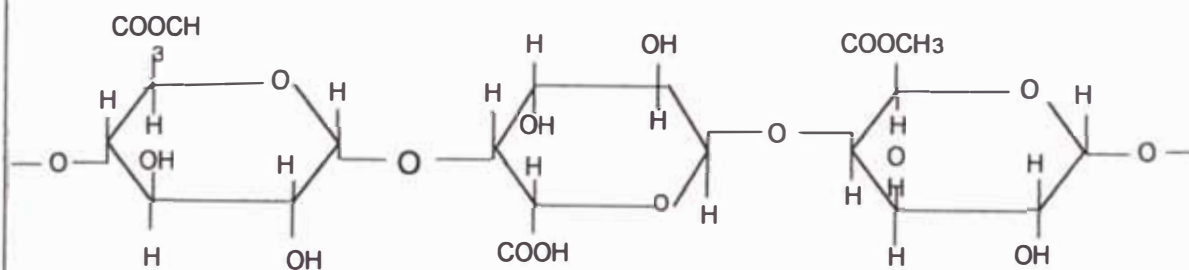
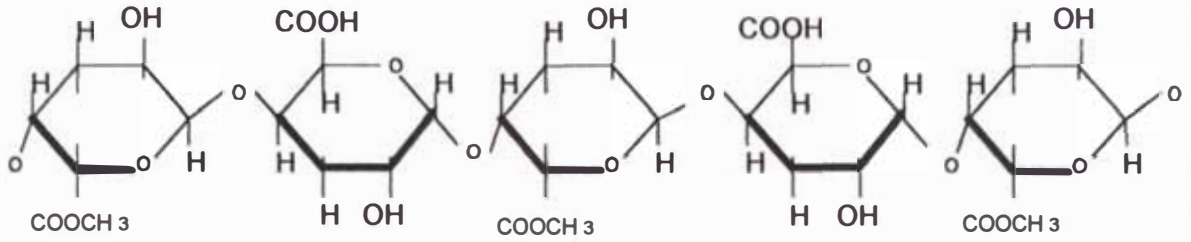
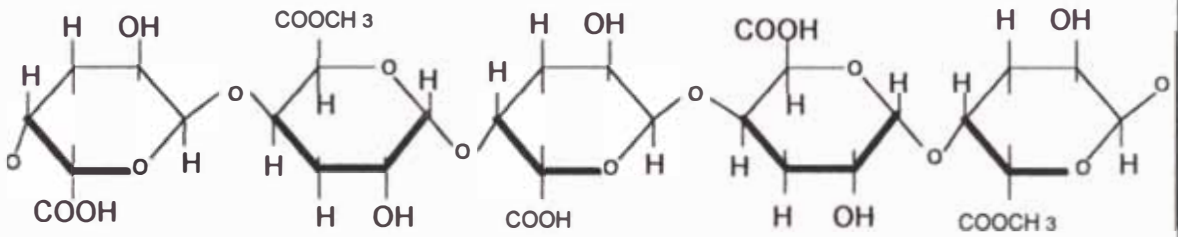


Fig.2.13. Grado de Esterificación de las Pectinas

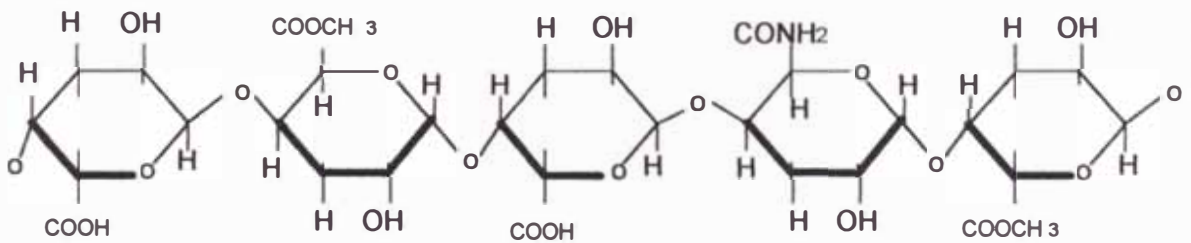
PECTINA DE GRADO DE ESTERIFICACION = 60%



PECTINA DESMETILADA CON ACIDO



PECTINA DE BAJO METOXIL AMIDA



Fuente: Genu (1981)

2.2.2. Sustancias pécticas y su presencia en las plantas

- La Pectina fue descubierta en 1820 por el químico francés Branconnot, en los jugos de frutas y recibió dicho nombre derivado del griego pectos, que significa "solidificado, cuajado" a causa de su facilidad de gelatinizarse. Históricamente la propiedad por la cual la pectina se ha convertido en importante producto para la industria de preservantes es por su poder de formar geles en presencia de concentraciones altas de azúcar y una cantidad apropiada de ácido.
- La pectina comercial más antigua generalmente se obtenía en forma líquida, fue producida de bagazo de manzana. La pérdida del poder gelificante durante el almacenaje y el alto costo de transporte limitaron el uso.
- La primera pectina cítrica fue vendida en Estados Unidos en 1924. En 1926 "CALIFORNIA Fruits Growers Exchange" instala una planta para la manufactura de pectina a partir de limones. Actualmente los principales productores de pectina cítrica incluyen Estados Unidos, México, Francia, Brasil, Bélgica, Dinamarca, Inglaterra, Israel y Suiza.
- Cantidades exactas sobre la producción de pectina no están disponibles, pero se puede estimar que la capacidad de planta de producción anual para la manufactura de todas las pectinas es alrededor de 9 millones de Kg., donde alrededor de 7 millones de Kg de este total representa la capacidad de producción de pectina cítrica, hoy en día mayormente las pectinas producidas alrededor del mundo son de cítricos.
- En el Cuadro N°.2.7., se presenta una relación de frutas y su porcentaje en pectina, en base a fruta fresca, donde se puede

distinguir a la naranja, la toronja y al limón, como los de mayor contenido de pectina.

Cuadro N°.2.7. Frutas frescas y su contenido de Pectina

Fruta fresca	% de Pectina
Albaricoque	0.09
Cereza	0.16
Ciruela	0.82
Fresa	0.68
Gronsella	1.52
Limón	2.90
Manzana	0.84
Naranja	4.17
Papaya	1.20
Peras	0.60
Toronja	3.90
Tomate	0.23
Zanahoria	0.65

2.2.3. Propiedades características de las Pectinas

- La Pectina es un coloide reversible que puede ser disuelto en agua, precipitado, secado y rediseñado sin perder sus propiedades físicas.
- La pectina seca se disuelve en agua, la solución se efectúa más rápidamente mediante calentamiento y por adición de azúcar.
- El alcohol y varias sales metálicas precipitan a la pectina, similar a la que se produce con otros coloides al agregar determinados electrolitos.
- Los pesos moleculares establecidos varían considerablemente entre 30,000 y 300,000 dependiendo del origen de pectina.
- Los grupos ácidos en la pectina y en el ácido péctico pueden formar sales y ser tituladas directamente en la manera usual. El tratamiento con ácido, desesterifica progresivamente los ácidos pectínicos, y con ácidos fuertes suficientemente calentados, ocurrirá una completa descarboxilación.

2.2.4. usos y Aplicaciones de la Pectina

a. En alimentos

- Tiene la propiedad de gelificar en solución con agua y azúcar, propiedad que no tienen otros polisacáridos, es por esta razón que es utilizada como formadora de gel, como espesante, como emulsificadora, agente para formar cuerpo, para suspender sólidos, y como estabilizante.

- En la industria de helados, se usa para evitar la cristalización del hielo.
- En la industria láctea la pectina es utilizada para preparar proteínas solubles de la leche (aminógeno), como estabilizador de quesos.
- También como agente emulsificante de aceites comestibles, en la producción de mayonesas y de aceites esenciales que se usan en la manufactura de compuestos aromáticos (Braverman⁽¹⁶⁾,1967).
- Las pectinas de alto contenido de metoxilo tienen aplicación especial en conservas de frutas, jaleas y mermeladas, ya que su gelificación lenta permite llenar y almacenar el producto (Nagy⁽⁴⁶⁾ et al 1977). Las pectinas de rápido fijado o gelificación, se usan en jugos, ya que contribuyen a mantener en suspensión las finas partículas de pulpa que dan turbidez (Cheftel⁽¹⁸⁾, 1976).
- Las pectinas de bajo metoxilo, son usadas especialmente para alimentos de pocos sólidos solubles, por ejemplo conservas dietéticas y jaleas, tiene mayor uso en la fabricación de ensaladas gelificadas, jaleas de picadillo de carne, cocteles de frutas gelificadas, rellenos de pastel, salsas cocidas de fruta gelificada y budines de leche (Nagy et al.,1977).
- En la industria de confitería y dulcería, su uso es como emulsionante.

b. Medicina

- La medicina ha puesto interés en el ácido galacturónico y en sus derivados para la preparación de fármacos.
- Es usado como agente hemostático y sustituto del plasma sanguíneo, se usa como emulsificador, también se usa en casos de diarrea, heridas ulcerosas.
- Como contraveneno en la intoxicación con metales pesados (mediante formación de sales).
- En la formación de complejos que retrasan la acción de insulina, penicilina, epinefrina, estreptomicina, etc.
- En la preparación de medios de cultivo, así como medio de identificación de ciertos microorganismos.
- Tiene valor dietético y nutritivo, estimula la saliva y ayuda de los movimientos peristálticos del intestino.
- Se usa como antidiarreico, debido a que cuando ingresa al aparato digestivo aumentan el tiempo de tránsito fecal. (Spiller, citado por Vidal-Velarde, 1982).
- También se usa la pectina en el tratamiento de pacientes diabéticos por ser el agente que regula la absorción de carbohidratos causando solo un ligero aumento del azúcar sanguíneo pos-comida..

Cuadro N° 2.8. Principales usos de la Pectina

Tipo Pectina	Usos Típicos	Cantidad final aproximada en el producto final (%)
Regular	mermeladas, jaleas preservantes geles que necesitan horneado	0.1 - 0.8
	Confitería	0.85 - 1.25
	Espesar jarabe de frutas de bajas calorías y bebidas.	Algunas décimas
	Emulsiones aromáticas, salsas	2-3
	Cremas batidas .Espesar leche malteada	-----
Bajo Metoxil	Ensaladas y salsa	
	a. Imitar el color y aroma	0.8-1.5
	b. Jugo de frutas y vegetales	1 – 1.8
	<ul style="list-style-type: none"> • Geles de leche y pudines • Jaleas de frutas dietéticas • Congelado de fresas • Estabilizador de helados. 	0.8-1.5 0.8-1.5 0.1-0.15 0.8-1.5

c. Otro Usos:

- Como relleno no higroscópico para plásticos, como espesador, propiedad que tiene aplicación en la preparación del caucho.
- La solución sirve para templar el acero, mejorando su calidad y como emulsionante fotográfico (Braverman⁽¹⁶⁾, 1965).

Cuadro N° 2.9. Otros usos importantes de la Pectina

EMPLEO PERMITIDO	CANTIDAD PRMITIDA
Mayonesa	1 g/kg (solo mezclado con otros espesantes)
Caballa y Furel en conserva	2.5 g/kg, únicamente en el medio de cobertura, con un total de 20 g/kg de todos los espesantes y gelificantes
Crema (nata)	5 g/kg , solo o mezclado con otros espesantes y modificantes , únicamente para crema pasteurizada batida o UHT y crema para batir
Bloque de filete de pescado, carne de pescado picada y mezcladas de filete de pescado y pescado picado congelados rápidamente, arritas y porciones de pescado empanadas o rebosadas y congeladas rápidamente	5 g/kg solo o mezclado con otros espesantes
Alimentos envasados para niños de pecho	10g/kg, únicamente en productos envasados a base de fruta, en el producto listo para el consumo
Preparados complementarios	10 g/kg
Compotas (conservas de frutas) y jaleas, mermeladas de cítricos mangos en conserva	Limitadas poor BPF(*) o 5 g/kg
Queso de crema	5 g/kg, solo o mezclado con otros espesantes
Preparado a base de queso fundido	8 g/kg, solo o mezclado con otros espesantes
Mandarina zanahoria en conserva	5 g/kg, solo o mezclado con otros espesantes
Yogur aromatizado y productos del yogur tratados técnicamente después de la fermentación, castañas y puré de castañas en conserva	10 g/kg solo o mezclado
Espárragos en conserva, guisantes verdes en conserva, palmito en conserva	10 g/kg solo o mezclado con otros espesantes cuando el producto contiene grasas
sardinas y productos en conserva	20 g/kg únicamente en el medio de cobertura, solo o mezclado con otros espesantes
Mangos en conserva	Limitada por BPF (*)

Smith, B (1989) Codex Alimentario Abreviado

(*) BPF : BUENAS PRACTICAS DE FABRICACION

2.2.5. Características

Principales características Químicas y Físicas de la Pectina:

a. Características Químicas

- La pectina es fácilmente precipitable en sus soluciones con el alcohol o acetona en forma de grumos que quedan en suspensión los cuales a su vez son solubles en agua, esta coagulación tiene lugar en medio ácido y pueden ser ayudados con sales, como: el sulfato de magnesio, acetato básico de plomo, sulfato de aluminio. Estas partículas llevan una carga eléctrica con signo opuesto al de la pectina que es un coloide cargado negativamente. La pectina en solución hace girar al plano de luz polarizada hacia la derecha. El peso molecular de la pectina no es fácil de determinar, probablemente es muy elevado.
- Entre el ácido péctico, protopéctico y pectina el más simple de los tres es el ácido péctico, este ácido parece ser una larga cadena recta, sin ramificaciones, formada por la condensación de un gran número de unidades de moléculas de ácido galacturónico. Este ácido es un derivado de azúcar, cuyos restos (5 - 100) están unidos por enlaces glicosídicos del ácido alfa 1 - 4 poligalacturónico y es el responsable de las propiedades coloidales.
- La Pectina se diferencia del ácido péctico porque mucho de los grupos carboxilos (- COOH) del ácido péctico han sido esterificados con grupos metil (-CH₃), y las cantidades de residuos del ácido galacturónico en la Pectina por cadena es mayor.

- Las pectinas se pueden hidrolizar por acción de ácidos, por medio de álcali o por acción de encimas. El calor por si solo pueden causar la degradación de las pectinas cuando los grupos carboxil en los ácidos poligalacturónicos puros están todos esterificados. El contenido de Metoxil es de 16.32% y el grado de esterificación será de 10%, el límite máximo de metoxilo en ácidos pectínicos rara vez es más alto del 13.5%.
- HIDRATACION, existe una fuerte relación entre la solubilidad y la capacidad de hidratación de los coloides hidrofílicos. En muchos casos el hinchamiento depende de la estructura de la red, el peso molecular, grado de esterificación, la presencia de cadenas laterales, el pH y la presencia de sales en el agua. La capacidad de hinchamiento de las sustancias pécticas aumenta con el incremento del peso molecular, grado de esterificación y pH (Doesburg, 1965).

b. Características físicas

Los polisacáridos y otros polímeros solubles en agua pueden coagularse por adición de sustancias inorgánicas y compuestos orgánicos.

La solubilidad, viscosidad y habilidad de formación de geles de una pectina depende también de las siguientes características:

- **solubilidad**
 - Esta característica se encuentra relacionada con la capacidad de hinchamiento de los coloides hidrofílicos; la capacidad de solubilidad y de poder

gelificante pueden ser limitadas por el tamaño del grano de pectina. La dispersión y solubilidad son iniciados cuando el valor requerido de pectina es mezclado completamente con 5 a 8 veces su peso de azúcar granulada, demostrándose que las pectinas se disuelven mejor en soluciones que contienen no más del 25% de sólidos solubles.

- Para lograr una completa solubilidad de las pectinas en las jaleas o mermeladas, es conveniente que la parte principal de azúcar sea agregada después de la pectina, la cual será disuelta después de la ebullición.

- **Viscosidad**

El grupo carboxilo influye sobre la viscosidad de la solución de la pectina, dependiendo del grado de esterificación. La solución de pectina de alto grado de esterificación casi no cambia su viscosidad con el cambio de pH, pero cuando contiene bajo grado de esterificación la viscosidad llega a ser marcadamente dependiente del pH.

- **Coagulación**

Según Doesburg⁽²⁹⁾ (1965) el fenómeno de coagulación de las pectinas depende de los siguientes factores:

- Constituyente del compuesto orgánico añadido.

- Presencia de componentes y distribución de grupos disociados ó disueltos y sus características.
- Número de ramificaciones de los polímeros.
- Concentración de los polímeros.
- Grado de polimerización de los polímeros.
- Presencia de grupos terminales, que son encubridores de los grupos funcionales, que después son los grupos disociados, e influyen en los cambios de los polímeros.

La coagulación de las sustancias pécticas por adición de solvente orgánico como alcohol ó acetona son los más conocidos.

▪ **Poder de Gelificación**

- Propiedad importante de la pectina desde el punto de vista alimentario es formar gel, que depende esencialmente de la longitud de la molécula péctica y su grado de metilación.
- La longitud de la molécula dá la rigidez o la firmeza, por debajo de un límite no se forma gel así se use una cantidad mayor aún en condiciones que sean óptimas.
- El grado de metilación influye en la regulación de la velocidad de gelificación, sin embargo los enlaces entre las moléculas pécticas es fundamentalmente decisivo en las propiedades organolépticas de los geles pectina-azúcar-ácido (Cheftel⁽¹⁸⁾).

▪ **Degradación**

Las Pectinas una vez separadas (de la celulosa), se degradan por dos procesos: Despolimerización y Desmetilación.

Despolimerización:

- Se origina por la acción de las hidrolasas (pectinasas, pectino-hidrolasas), o por el calentamiento en medio ácido, dando como resultado que la cadena resulte dividido en cadenas más cortos. Se rompe en los restos de ácido galacturónico no metilado.
- La polimetilgalacturonidasa, si es capaz de atacar una cadena péctica metilada.

Desmetilación:

- Se produce por acción de los álcalis aún en frío, así como por la pectinometilesterasas, transforma la pectina en ácido péctico insoluble en agua.
- La desmetilación también se produce por calentamiento en medio ácido (Cheftel⁽¹⁸⁾).

Otras formas de degradación de la pectina se producen por acción de agentes oxidantes, como peróxidos, peryodatos, permanganato, dicromato, halógenos libres y ácido ascórbico presente en muchos frutos como el Camu.camu.

Temperaturas altas rompen la cadena del ácido galacturónico dando como consecuencia la reducción del

poder gelificante de la pectina en solución y es más fácil que se llegue a la degradación irreversible (Doesburg⁽²⁹⁾).

Las sustancias sólidas con menos de 10% de humedad permanecen casi inalterables por bastante tiempo, si son almacenadas a temperaturas de 18 a 22 °C (Kirk y Othmer⁽³⁰⁾).

2.2.6. Métodos de extracción de Pectina

Actualmente existen muchos métodos de extracción de pectina, y cada uno de ellos pretende ser más eficaz que otro. Sin embargo, siempre existen diferencias, debido a la calidad y condiciones de la materia prima, al método en sí de extracción de pectina, a la manera y tipo de precipitante, a la forma de secar y almacenar el producto, entre otras consideraciones.

Entre los métodos tenemos:

a. Método de Precipitación con solventes orgánicos.

- Este método es el más usado en la actualidad por la posible recuperación del solvente para ser reusado.
- Los solventes usados para precipitar la Pectina son el alcohol y sus variedades, unos con más eficiencia que otros. También se utiliza la acetona, con sus limitaciones por la suciedad que dá en el producto.
- Este método se usa en el presente trabajo de investigación tecnológica.

b. Precipitación con sales metálicas

- Un método alternativo de precipitación ha sido la utilización de sales metálicas, tales como calcio o cloruro de aluminio. Métodos recientes involucran sales de cobre, níquel hierro y la remoción de estos iones, mediante lavados con alcohol acidulado o resinas.
- Un inconveniente del método es la remoción de los cationes en el producto final, que es dificultosa.

c. Por el método de electrodecantación

- Según Quevedo León⁽⁴¹⁾, este método se fundamenta en la migración de las moléculas de pectina hacia el cátodo y la presencia de iones cobre en el sistema con la consecuente precipitación (Bier⁽⁴¹⁾, 1960).
- Se usa una cuba con cátodo de acero y ánodo de cobre electrolítico, una fuente de corriente continua de potencial variable. El pH y el potencial son los principales parámetros.

2.2.7. Métodos de purificación de la Pectina

a. Purificación con alcohol

Consiste en agregar suficiente alcohol etílico al extracto, llegar a una concentración aproximada de 70% y luego el precipitado es filtrado para después ser prensado y redisolto nuevamente en agua. Después, alcohol etílico es nuevamente agregado para producir nuevamente una segunda precipitación. El proceso es

repetido por tercera vez para obtener un máximo de purificación; con esto se logra reducir el contenido urónico en el producto final, y para reducir el contenido de cenizas se lava el precipitado con alcohol acidulado.

b. Diálisis

Consiste en el sometimiento del extracto viscoso a una serie de placas superficiales promoviendo que agua destilada fluya por los exteriores, de tal manera que por difusión y diferencia de presiones el agua arrastre las impurezas del extracto.

c. Intercambio Iónico

Columnas de intercambio Iónico y resinas catiónicas son usadas para retirar cenizas el extracto pectínico previo a la precipitación por alguno de los dos métodos mencionados.

d. Nitración

Un nuevo método de purificación ha sido sugerido para la obtención de pectina de alta calidad. Este consiste en el sometimiento del material péctico a una Nitración, seguida de una desnitración y un separado puro del nitroéster, obteniéndose un producto libre de impurezas.

En general, la selección adecuada de un método de purificación dependerá del contenido de impurezas en el producto.

CAPITULO III

TECNOLOGIA DE LA EXTRACCIÓN DE LA PECTINA DEL CAMU-CAMU

TECNOLOGIA PARA LA OBTENCION DE LA PECTINA DEL CAMU- CAMU (Myrciaria Dubia H.B.K.)

En la obtención de la Pectina, la diferencia en los métodos está fundamentalmente en el uso del agente precipitante, que puede ser solventes orgánicos, sales metálicas y por electrodecantación.

Otra diferencia puede ser la selección del ácido hidrolizante, para obtener un buen rendimiento de producto y de buena calidad. Entre éstos, se tiene ácidos inorgánicos como el ácido clorhídrico y el ácido sulfúrico, así como ácidos orgánicos como el ácido cítrico.

3.1. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL A NIVEL LABORATORIO

En el presente trabajo se hizo uso como agente precipitante del solvente orgánico: alcohol de 96°, y se usó ácido clorhídrico para la etapa de hidrólisis ácida. A continuación se detallan las etapas del proceso:

3.1.1. Preparación de la materia prima

a. Selección de la materia prima:

La selección de los frutos se efectúa sobre la base de su madurez, se escogen aquellos que llegaron a su completa madurez y en buen estado, por las consideraciones siguientes:

- **Maduros** : El fruto está maduro cuando presenta mas del 75% de coloración granate (Ver Fig. N° 2.1 y Fig. N°3.1.). Los inmaduros no contienen suficiente cantidad de sustancia péctica para extraerse.

- **Malogrados:** Deben separarse, ya que afectará en la calidad de la pectina, sobre todo en su gelificación.
- **Sobre maduros:** Porque gran parte de la pectina se ha degradado a ácido péctico, incapaz de formar gel.

Fig. 3.1. Fruto del Camu-Camu maduro



b. Lavado:

- Los frutos se lavan en solución detergente (solución de Tego 51) y bactericida, enjuagándolos bien.
- El lavado se realiza con la finalidad de eliminar el polvo y otros elementos extraños del fruto, asimismo para disminuir la posible carga microbiana, para ello se puede utilizar NICON PQ al 0.01%.
- El enjuagado debe ser con agua tratada para eliminar bien el desinfectante.

Fig. 3.2. Fruto seleccionado y lavado



c. Pelado y separación de la cáscara:

- Se separa la cáscara del fruto con un pelador manual, o mediante un despulpador. Luego se lavan con agua destilada.

Fig.3.3. Separación de la pulpa y cáscara del fruto



- Industrialmente esta operación se realiza en una pulpeadora acoplada con malla de 0.6 mm. de diámetro, con la finalidad de separar la cáscara y la pepa de la pulpa.

d. Triturado

- Se procedió a realizar un triturado de la cáscara del Camu-Camu, con el fin de obtener una mejor transferencia de sustancias pécticas entre la cáscara y el solvente, y como consecuencia un mayor rendimiento en la extracción.
- Por el poco volumen trabajado, esta operación se realizó manualmente usando un cuchillo, pero industrialmente se usa molinos trituradores.

Fig.3.4. Cáscara triturada



3.1.2. Obtención de la Pectina

a. Extracción (Hidrólisis ácida):

- Es la parte más importante del proceso.
- Se inicia el presente trabajo tomando como base los siguientes datos: 100 g. de materia prima (cáscara fresca),

agua acidulada a un pH 2, una temperatura de 60° y durante un tiempo de 30 minutos.

- Se usó como agente hidrolizante el ácido clorhídrico Q.P.
- En un vaso precipitado de 500 ml. conteniendo 200 ml. de agua acidulada, se vierte 100 g. de cáscara de cama-cama. Se lleva a calentamiento hasta una temperatura apropiada (70°), manteniendo el proceso por un tiempo determinado(60 min.), agitando con una bagueta constantemente la mezcla a fin de evitar las variaciones bruscas de temperatura y para optimizar la extracción.

Fig. N° 3.5. Hidrólisis acida



- Este procedimiento se efectúa variando los parámetros (relación carga / solvente, temperatura, tiempo y pH), uno por uno, hasta lograr los óptimos, que se indican en el Cuadro N°.4.9.

- Este proceso se efectúa por triplicado, para la verificación correspondiente.
- Asimismo, se puede realizar una segunda extracción, para agotar completamente la cáscara.

b. Filtración:

- Se filtra la mezcla caliente de la etapa anterior en una tela de tocuyo, en forma manual.

Fig. 3.6. Filtración de licor nectínico



- Se le presiona vigorosamente para separar la mayor cantidad de licor viscoso de pectina, para agotar completamente la cáscara.

- En esta etapa se le puede hacer un tratamiento para decolorar el extracto que toma el color rojo. Los métodos para efectuar esta decoloración es mediante bisulfito de sodio, carbón activado, columnas de resinas, etc.

c. Precipitación:

- El licor se enfría hasta temperatura ambiente y se vierte en depósitos, en lo posible pueden ser fuentes de material inoxidable extendidos.
- Se procede a la precipitación usando alcohol de 96° como agente precipitante.
- La adición se efectúa con agitación constante, facilitándose un mejor contacto entre el licor y el precipitante.

Fig. 3.7. Precipitación con alcohol



- Se obtiene un precipitado gelatinoso y un licor coloreado para recuperar el alcohol y el colorante.

d. Filtración:

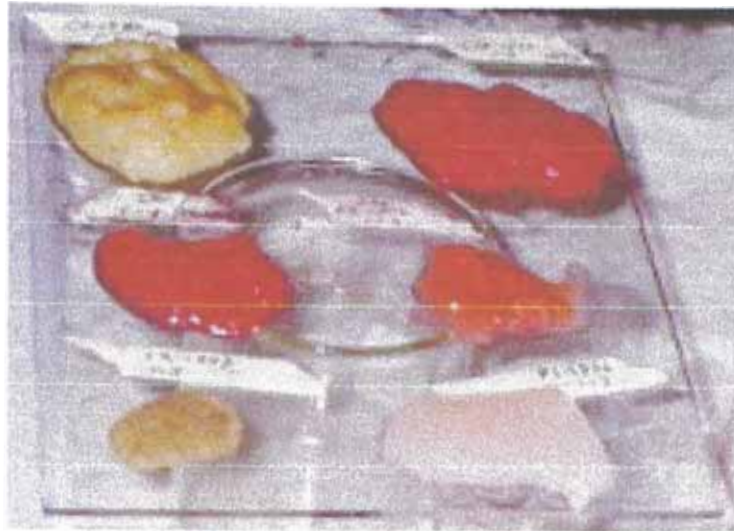
- Seguidamente se separa el precipitado por decantación ó filtración.

Fig. N°3.8. Pectina fresca



- Este precipitado que se obtiene del Camu-Camu y que corresponde a PECTINA FRESCA, es de textura gelatinosa y presenta el color rosado generalmente, sin embargo depende de las condiciones del proceso y de la materia prima inicial, para obtener otros matices de colores como se aprecia en la *Figura N° 3.9.*

Fig. N° 3.9. Colores de Pectina fresca



e. Purificación:

- Se lava dos veces el precipitado con alcohol etílico de 60° y 90° acidificado, para separar las impurezas. Este es un buen método para retirar sobretodo las impurezas solubles en agua, así como las trazas de metales propio de las sales metálicas, así como las cenizas.
- Se puede lavar con bisulfito de sodio para quitar todo el color rojo propio del camu-camu, en el producto final.
- La purificación del producto es muy eficaz si esta se hace desde el inicio del proceso, se debe tener cuidado desde seleccionar el fruto hasta la etapa de molienda, a fin de evitar la contaminación, por ser la Pectina usada en la industria de alimentos.

Fig.3.10. Pectina blanqueada



- Luego el precipitado se prensa para quitar el líquido retenido entre sus fibras.
- Si no se extrae este líquido, en la siguiente etapa se obtendrá un producto negruzco por efecto de la degradación del colorante al elevarse la temperatura, a la vez que prolonga el secado.

f. Secado:

- El producto prensado se desmenuza para lograr un mejor y abreviado proceso de secado.
- Se lleva a la estufa a una temperatura de 60° C durante 4 horas 30 minutos.

- Al final se obtiene la pectina seca de Camu-Camu con un color rosado. Para obtenerla de color blanco se debe hacer un buen lavado con alcohol o usando Bisulfito de Sodio en la etapa anterior.
- Se debe controlar la temperatura de secado, esta no debe ser muy alta, de lo contrario se pueden degradar el producto.

g. Molienda:

- La pectina seca para que se encuentre entre los estándares de comercialización, debe tener una humedad hasta de 10%, otro motivo es para poder resistir los tiempos de almacenamiento sin degradarse. Seguidamente se pulveriza en un mortero manualmente, hasta que el grano pueda pasar fácil la malla 60 ó 70 tyler.
- En cantidades industriales debe usarse un molino de bolas.

Fig. N° 3.11. Pectina de Camu Camu, seca y molida.

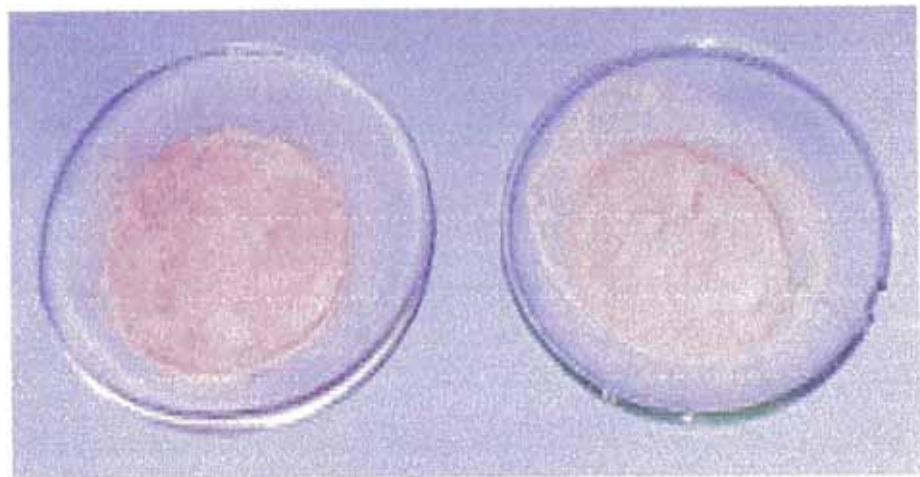


Fig.3.12. Diagrama de flujo del Proceso de tratamiento de la materia prima

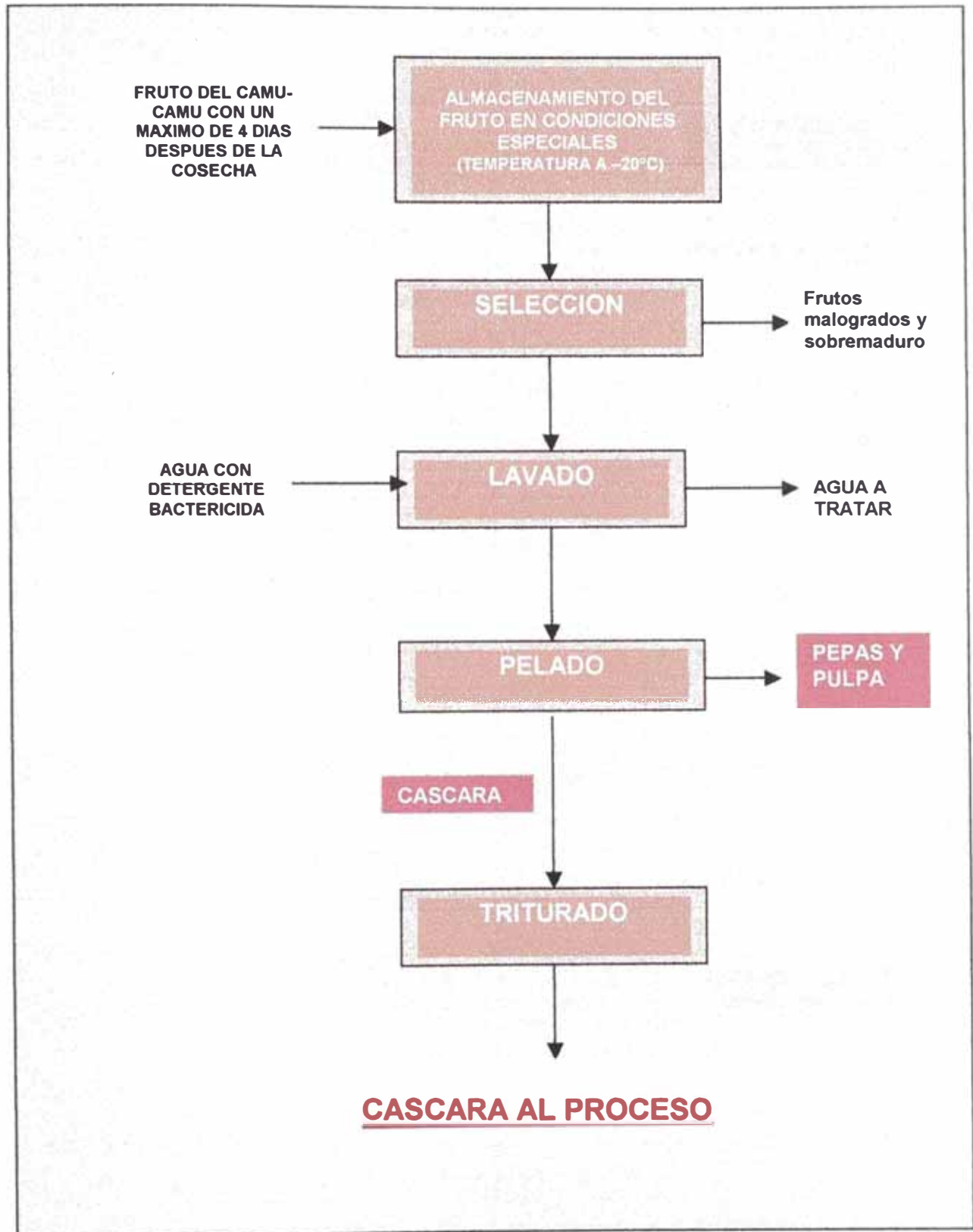
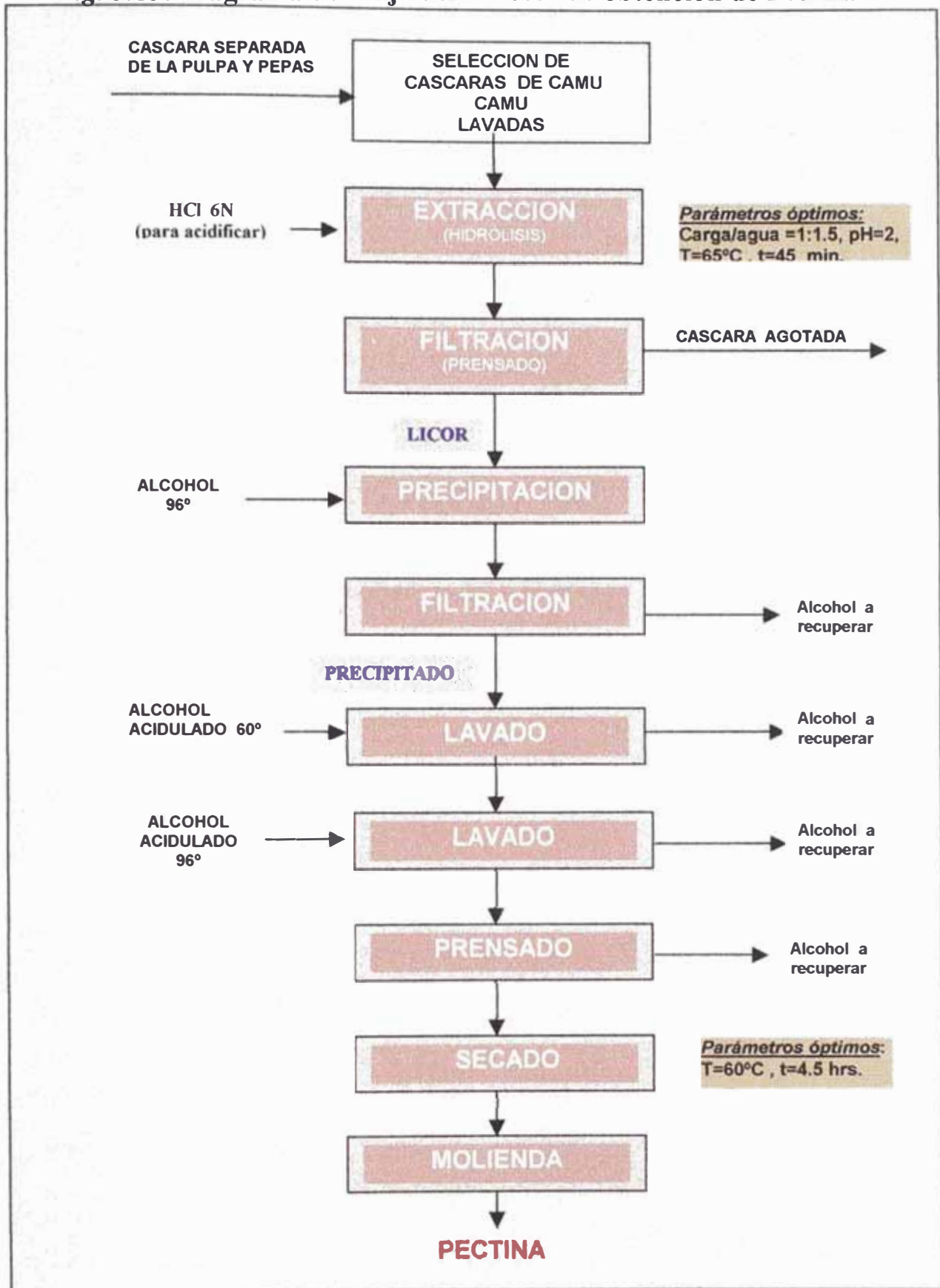


Fig. 3.13. Diagrama de Flujo del Proceso de obtención de Pectina



CAPÍTULO IV

RESULTADOS EXPERIMENTALES

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de los análisis y corridas obtenidos en la extracción de la pectina a partir de la cáscara del Camu-Camu, a nivel laboratorio:

4.1. ANALISIS DEL FRUTO: EL CAMU CAMU

En el Cuadro N°. 4.1. se muestra las características y composición del Camu-Camu:

Cuadro N° 4.1. Análisis del fruto

olor del Fruto	Rojo intenso-morado
Diámetro promedio (cm)	3 cm.
Peso del Fruto (g)	10 a 20
Porcentaje de cáscara aprox.	20 %
Porcentaje de Pulpa	51 %
Porcentaje de Semilla	29 %
Acidez de la cáscara (pH)	3.5 – 3.9

4.2. RENDIMIENTO DE PECTINA POR EXTRACCIONES A DIFERENTES RELACIONES CARGA / SOLVENTE (solvente: agua acidulada con HCl)

- Este parámetro fue el primero en optimizar.
- La cáscara del Camu-Camu es sometida a una hidrólisis en agua acidulada, variándose la relación carga de cáscara/agua, de tal manera que se obtenga un extracto con una viscosidad tal que sea fácil pasar por el filtro en la filtración. La cantidad de agua debe ser suficiente

para la extracción, cuidando que la hidrólisis no produzca un demasiado desdoblamiento. Asimismo, mayor cantidad de agua implicará tener que concentrar el extracto que ha de ser filtrado, y se tendrá mucho cuidado en la mayor temperatura y tiempo de exposición, que perjudica a la pectina.

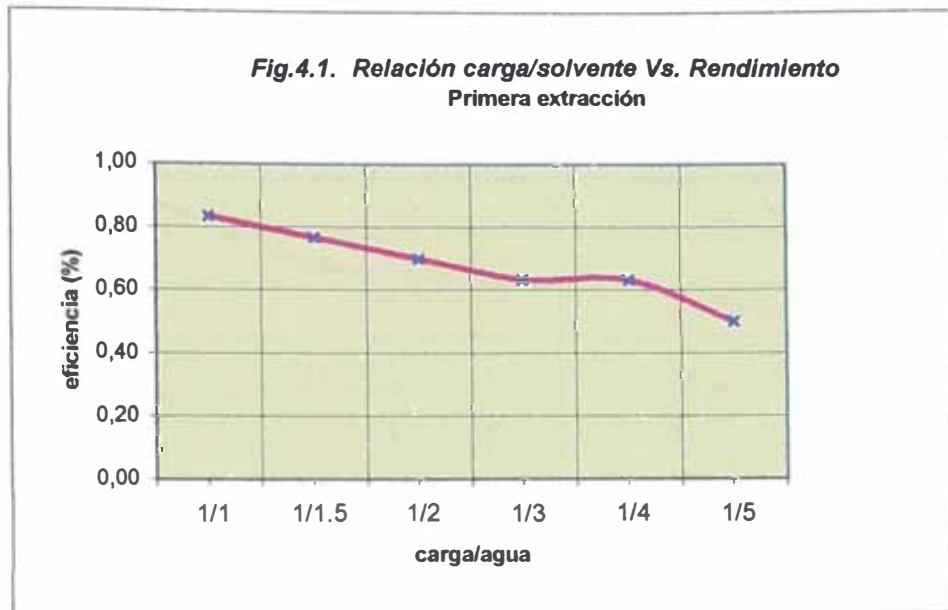
- Fue una ventaja la utilización de cáscara fresca, ya que permitió el uso de poca cantidad de agua en el proceso.
- Se efectuaron dos extracciones de la cáscara, a fin de agotar completamente la materia prima. Sin embargo no se justifica hacer más de una extracción (hidrólisis), debido a los altos costos de energía calorífica, alcohol para la precipitación, tiempo de procesamiento, etc., ya que el rendimiento es relativamente bajo.
- De las pruebas efectuadas, se presentan los resultados del rendimiento de pectina obtenido, en el Cuadro N°.4.2. para la primera extracción y en el Cuadro N° 4.3. para la segunda extracción.

Primera Extracción

Cuadro N° 4.2. Variación del rendimiento en la extracción de pectina a diferentes relaciones carga/solvente (agua acidulada con HCl).

T=60°C, t=30 min. y pH=2

Carga/solvente	Rendimiento (%)			PROMEDIO
	corrida 1	corrida 2	corrida 3	
1/1	0,8	0,7	1	0,83
1/1.5	0,7	0,6	1	0,77
1/2	0,8	0,5	0,8	0,70
1/3	0,7	0,6	0,6	0,63
1/4	0,8	0,5	0,6	0,63
1/5	0,5	0,5	0,5	0,50



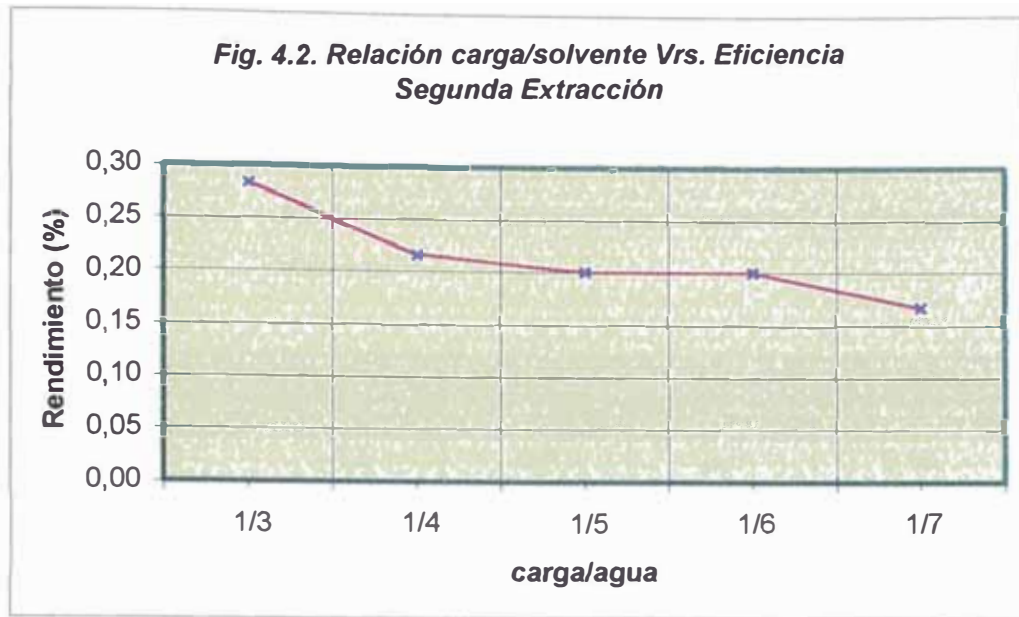
Observación: 1/1, significa la relación de la carga con el solvente.

Segunda Extracción

Cuadro N° 4.3. Variación del rendimiento en la extracción de pectina a diferentes relaciones carga/solvente (agua acidulada con HCl).

T=60°C , t=30 min. y pH=2

carga/solvente	Rendimiento (%)			
	corrida 1	corrida 2	corrida 3	PROMEDIO
1/3	0.25	0.2	0.4	0.28
1/4	0.2	0.15	0.3	0.22
1/5	0.2	0.2	0.2	0.20
1/6	0.1	0.4	0.1	0.20
1/7	0.2	0.2	0.1	0.17



4.3. EFECTO DE LA TEMPERATURA E EL PROCESO

- La Temperatura debe controlarse minuciosamente en el proceso a fin de evitar la degradación de las sustancias pécticas. Cuando más alta sea la temperatura de extracción más corta será la duración del calentamiento, que rendirá mayor número de unidades de jalea.
- Debe tomarse en consideración la acidez aplicada, como se podrá ver más adelante.
- Se realizaron las corridas para dos extracciones sucesivas, a fin de agotar la cáscara.
- En los cuadros N° 4.4 y N° 4.5 se presentan los resultados de las pruebas realizadas tomando en cuenta este parámetro, y sus correspondientes gráficos.

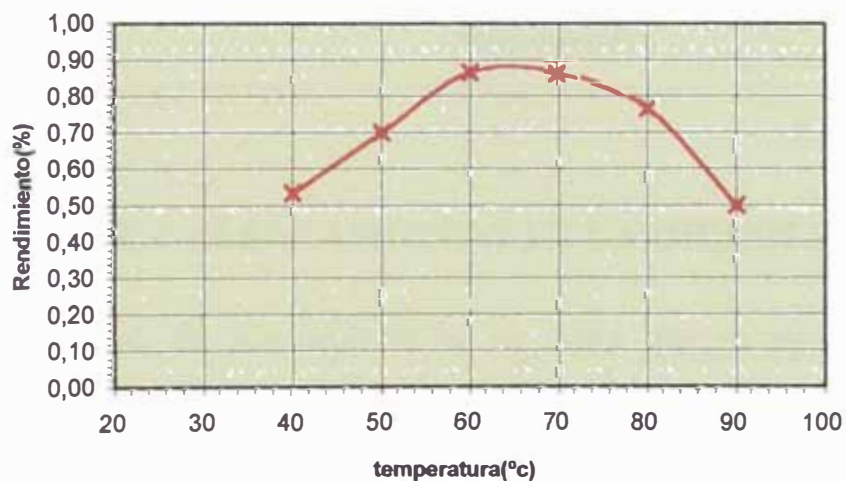
Primera Extracción

Cuadro N° 4.4. Rendimiento de Pectina con variación de la temperatura.

Parámetros constantes: carga/solvente=1/1.5, tiempo=30 min. y pH=2

TEMP. (°C)	RENDIMIENTO (%)			
	corrida 1	corrida 2	corrida 3	PROMEDIO
40	0,5	0,6	0,5	0,53
50	0,6	0,7	0,8	0,70
60	1	0,7	0,9	0,87
70	1	0,8	0,8	0,87
80	0,7	0,6	1	0,77
90	0,45	0,5	0,55	0,50

Fig.4.3. Temperatura Vs. Rendimiento
Primera extracción

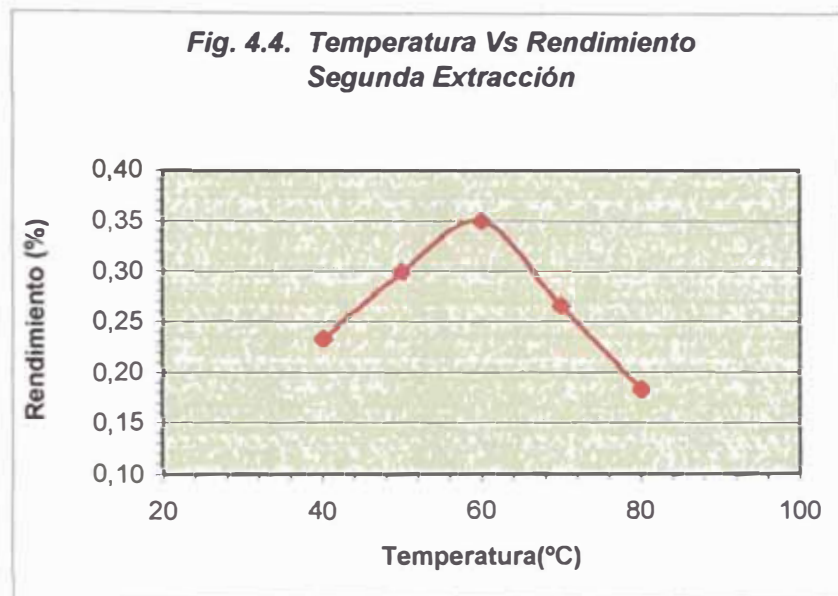


Segunda Extracción

Cuadro N° 4.5. Rendimiento de Pectina con variación de la temperatura.

Parámetro constantes: carga/solvente=1/1.5, tiempo=30 min. y pH=2

TEMP. (°C)	RENDIMIENTO (%)			
	corrida 1	corrida 2	corrida 3	PROMEDIO
40	0.2	0.3	0.2	0.23
50	0.2	0.3	0.4	0.30
60	0.35	0.4	0.3	0.35
70	0.25	0.3	0.25	0.27
80	0.15	0.2	0.2	0.18



4.4. TIEMPO DE CALENTAMIENTO Y LA HIDROLISIS

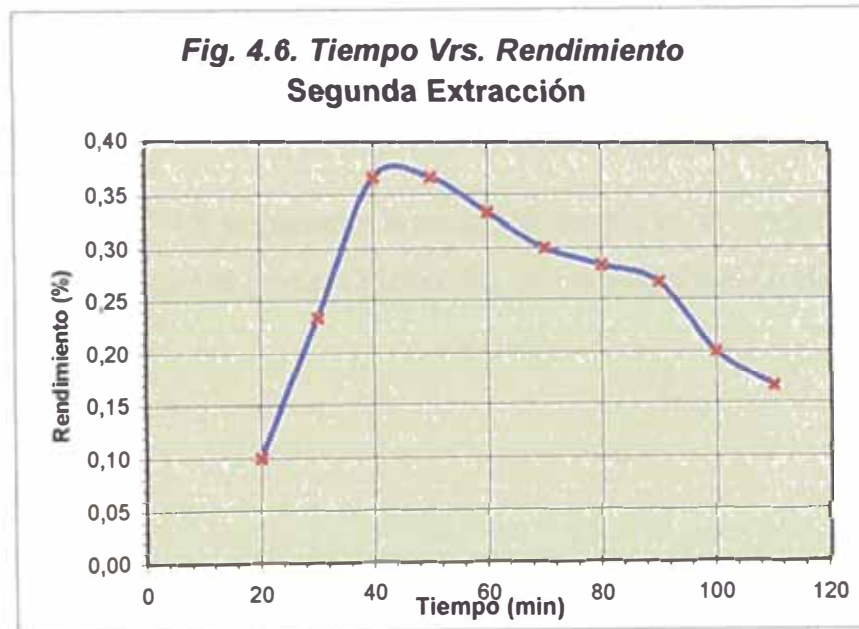
- El tiempo de calentamiento es un factor que va paralelo a la temperatura, a la acidez y a la relación carga/solvente del proceso de hidrólisis.
- Un tiempo prolongado de calentamiento puede ser perjudicial a las sustancias pécticas así como al colorante que se encuentra en la cáscara del Camu-Camu, produciendo un degradamiento que interfiere en la obtención de la pectina, así como en su calidad; por lo contrario un

Segunda Extracción

Cuadro 4.7. Variación del rendimiento con el tiempo de calentamiento

Parámetros constantes: carga/solvente=1/1.5, Temperatura=65°C y pH=2

Tiempo(min)	RENDIMIENTO			
	corrida 1	corrida 2	corrida 3	PROMEDIO
20	0.1	0.1	0.1	0.10
30	0.25	0.2	0.25	0.23
40	0.6	0.2	0.3	0.37
50	0.35	0.4	0.35	0.37
60	0.3	0.4	0.3	0.33
70	0.35	0.25	0.3	0.30
80	0.2	0.35	0.3	0.28
90	0.3	0.2	0.3	0.27
100	0.2	0.2	0.2	0.20
110	0.1	0.2	0.2	0.17



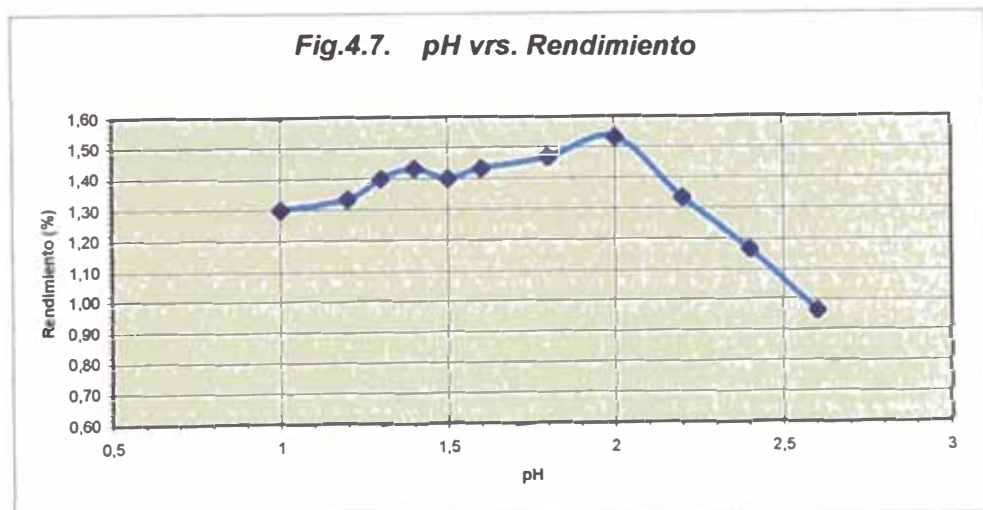
4.5. EFECTO DEL RENDIMIENTO CON LA ACIDEZ (PH) EN EL HIDROLISIS

- Las condiciones de operación han de ser tales que en lo que respecta a este parámetro se permita la obtención del producto con un mayor rendimiento.
- Los ácidos ya existentes en la cáscara, en particular el ácido cítrico, acelera el proceso de disolución de la pectina, por lo que al agregarse una pequeña cantidad de ácido clorhídrico debe ser controlado sino puede ser perjudicial en la extracción, sobre todo en la calidad de la pectina si estos ácidos son demasiado fuertes o se calientan demasiado tiempo a una temperatura muy elevada, pues desdoblan en grado considerable la pectina y de este modo disminuye excesivamente su poder gelatinizante.
- El pH tiene una relación directa con el porcentaje de cenizas del precipitado, a mayor pH el porcentaje de cenizas será mayor. Por lo que sería ideal trabajar a bajo pH, pues así se obtendría un pectinato con menor cantidad de cenizas y será más fácil su purificación.
- En el cuadro N° 4.8 se presenta la variación del pH vs. el rendimiento de la pectina para una primera extracción, con su respectivo Gráfico 4.7

Cuadro N° 4.8. Variación del rendimiento de acuerdo a la variación del pH.

Parámetros constantes: carga/solvente=1/1.5, Temperatura=65°C y tiempo=45 min.

Ph	RENDIMIENTO			PROMEDIO
	corrida 1	corrida 2	corrida 3	
1	1.3	1.4	1.2	1.30
1.2	1.3	1.4	1.3	1.33
1.3	1.4	1.3	1.5	1.40
1.4	1.4	1.5	1.4	1.43
1.5	1.3	1.4	1.5	1.40
1.6	1.4	1.5	1.4	1.43
1.8	1.4	1.5	1.5	1.47
2	1.5	1.5	1.6	1.53
2.2	1.4	1.3	1.3	1.33
2.4	1.1	1.2	1.2	1.17
2.6	1	0.9	1	0.97



4.6. RESULTADOS OPTIMOS DE LOS PARAMETROS ANALIZADOS:

En el Cuadro N° 4.9. se presentan en resumen los parámetros óptimos en la extracción de la pectina a partir de la cáscara del Camu-Camu, a nivel laboratorio, que se desprenden del trabajo experimental antes indicado.

Cuadro N° 4.9. Parámetros óptimos de extracción y precipitación de la Pectina a nivel laboratorio

PARAMETROS	VALORES OPTIMOS
Relación: materia prima/agua	1/1.5
Temperatura (°C)	65
Tiempo de calentamiento (min.)	45
Acidez (pH)	1.8-2
Alcohol para precipitar (% en volumen)	60
Rendimiento de Pectina (%)	2

CAPITULO V

CARACTERIZACION DE LA PECTINA

C RACTERIZACION DE LA PECTINA OBTENIDA A NIVEL LABORATORIO

Cuadro N° 5.1. CARACTERISITICAS: Resultados

CARACTERÍSTICA	VALOR (%)
HUMEDAD (%)	8
CENIZAS (%)	4.1
METOXILO (%)	9.93
ACETIL (%)	0.59125
ACIDO GALCTURONICO (%)	85.42
GRADO DE ESTERIFICACION (%)	66
VISCOSIDAD (stc)	145.55
PH (solución al 5%)	2.8

5.1. A ALI IS DE LA HUMEDAD DE LA MATERIA PRIMA Y DEL PROD CTO

5.1.1. Humedad de la materia prima (Cáscara de Camu - Camu):

Método de la Estufa de Vacío

- Pesar 5 gramos de cáscara en una placa Petri previamente desecada y taradas, extendiendo la muestra (cáscara húmeda) en una capa lo más fina posible, sobre la base de la placa.

- Llevar a estufa de vacío, destapar la placa Petri.
- La estufa debe tener un vacío de 100 mm de Hg. y una T de 60 - 70 °C, durante 4 horas.
- Cerrar el vacío y dejar entrar cuidadosamente el aire, tapan el Petri y llevar a un desecador por 30 minutos, pesar.
- Repetir la operación hasta que la pérdida de peso entre dos periodos de desecación sucesivos no exceda de 2 - 3 mg.
- Cálculo de la humedad:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Pérdida de Peso}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

5.1.2. Análisis de la humedad del producto (Pectina):

- Pesar aproximadamente 5 gramos de muestra en las placas Petri, previamente desecadas y taradas. Extender el producto sobre el fondo de la placa para que ocupe la mayor superficie posible.
- Llevar a estufa a 103 °C ± 2 por 4 horas. Las placas deben estar destapadas.
- Tapar las placas y retirar de la estufa, dejar enfriar en el desecador por 30 minutos, pesar.
- Repetir la operación hasta peso constante, es decir que entre dos pesadas sucesivas no excedan de 2 mg.

Cálculo: Es similar al caso anterior (de la materia prima)

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Pérdida de Peso}}{\text{Peso de muestra}} \times 100 = \frac{0.04}{5} \times 100 = 8 \% \text{ (de la Pectina)}$$

alcalina, neutra o ácida de los tejidos, activan los procesos enzimáticos de la absorción y metabolismo, intervienen en la función del sistema nervioso regulando la excitabilidad y contractibilidad muscular.

Determinación de cenizas:

Equipos y materiales empleados:

- Mufla.
- Crisoles de porcelana.
- Balanza analítica.
- Trípode, triángulo de calcinación y pinzas.

Detalles experimentales:

- Pesar 2 g. de muestra homogenizada en un crisol previamente tarado y deshumedecido (incinerada).
- El crisol y su contenido se calcinan en un mechero, primero sobre una llama baja, evitando en lo posible la formación excesiva de hollín, hasta que se carbonice.
- Luego llevar a una mufla a 550 ° C. Calcine en la mufla durante 3-4 horas. El método más seguro es calcinar hasta peso constante, asegurándose que la ceniza sea blanca o parda. Previamente, al cumplirse los primeros 30 minutos de calcinación, sacar el crisol y dejar enfriar, con el disgregador romper las partículas incineradas en forma uniforme y cuidadosamente, introducir nuevamente el crisol en la mufla y completar la calcinación durante el tiempo antes mencionado a temperatura constante.
- Transcurrido el tiempo requerido, sacar el crisol, colocar en un desecador y dejar enfriar a temperatura ambiente, y luego pesar.

Cálculos:

$$\% \text{ CENIZAS} = \frac{CC - C}{W} \times 100$$

Donde:

CC = Peso del crisol más la ceniza.

C = Peso del crisol vacío.

W = Peso de la muestra.

Cuadro N°.5.2. Resultados del análisis de Cenizas en el producto (Pectina)

MUESTRA	PESO DE MUESTRA(g)	PESO DE CRISOL VACIO (g)	PESO INICIAL (g) DE CRISOL + CENIZAS	PESO FINAL (g) DE CRISOL + CENIZAS	% DE CENIZAS
M1	2	10,35	12,35	10,45	5
M2	2	6,98	8,98	7,0441	3,205

Del análisis experimental:

% de Cenizas promedio de la Pectina del Camu-Camu = 4.1

5.3. CONTENIDO DE METOXILO EN EL PRODUCTO (Método citado por Maceda y Sánchez⁽³¹⁾)

Procedimiento:

- Colocar 2.5 g. de pectina en un erlemeyer de 250 ml, añadir 5 ml de HCl Q.P y 100 ml de etanol al 60%, luego agitar por 10 minutos.
- Filtrar la suspensión y lavar con etanol al 60% hasta que el filtrado esté libre de cloruros. Al final lavar con 20 ml de etanol.
- Secar durante 1 hora a 105° C, enfriar y luego pesar.

- Transferir exactamente una décima del total del peso neto de la muestra seca (equivalente a 500 mg de la muestra original), a un matraz de 250 ml. Luego humedecer con 2 ml de alcohol etílico.
- Tapar y agitar enérgicamente hasta que la pectina esté disuelta completamente.
- Adicionar 5 gotas de fenolftaleína.
- Titular con NaOH 0.5 N (solución valorada), hasta que el color rosado tenue persista. Anotar los resultados como gasto inicial (Título inicial).
- Adicionar 20 ml. de NaOH 0.5 N, agitar vigorosamente y dejar en reposo por 15 minutos.
- Agregar 20 ml. de HCl 0.5 N, agitar hasta desaparecer el color rosado.
- Titular con NaOH 0.5 N hasta que persista el color rosado, luego de una agitación vigorosa. Anotar el gasto como título de saponificación.

Cada ml. de NaOH 0.5 N usado en la titulación de saponificación, equivale a 15.52 mg de grupo METOXILO.

** En el análisis de la pectina de Camu Camu , se usó un volumen de 1.6 ml. de NaOH (0.5 N):

Luego :

$1.6 \times 15.52 = 24.832$ mg. de Metoxilo.

Si la cantidad de muestra inicial usada fue = 250 mg

** Por lo tanto: % de Metoxilo = $(24.832 / 250) \times 100 = 9.93 \%$

5.4. CONTENIDO DE ACETIL: (Método de Clark modificado por Pipen E. L, Mc Cready y Owens (1950) citados por Ranganna, 1977⁽³⁵⁾).

- Pesar exactamente 0.5 g. de Pectina, llevar a un matraz de 250 ml. y añadir 25 ml. de NaOH 0.1 N.
- Tapar el matraz y agitar los contenidos hasta que toda la Pectina esté disuelta.
- Dejar en reposo a temperatura ambiente por lo menos una hora o preferiblemente toda la noche.
- Diluir los contenidos a 50 ml. con agua.
- Pipetear 20 ml de la solución anterior y llevar al aparato de destilación. Luego añadir 20 ml. de solución de sulfato de magnesio - ácido sulfúrico (se prepara mezclando 100g. de cristales de sulfato de magnesio y 1.5 g. de ácido sulfúrico y diluir a 180 ml.)
- Destilar y coleccionar cerca de 100 ml. de destilado manteniendo el volumen en el frasco de destilación, añadiendo agua destilada.
- Titular el ácido acético con NaOH 0.05 N, usando rojo de fenol como indicador.
- Llevar a cabo una destilación en blanco usando 20 ml. de agua y 20 ml. de solución de sulfato de magnesio - ácido sulfúrico, y titular el destilado como se describe en el caso de la muestra.
- Cálculo : Mediante la relación siguiente:

Normalidad de NaOH x ml.de NaOH X 4.3

% Acetil =

Peso de muestra en la alícuota (g)

Para el análisis se tiene:

- Normalidad del NaOH = 0.05.
- Cantidad de NaOH = 1.1
- Peso de muestra en la alícuota = 20/50 g.
- Factor = 4.3

En la relación dada por el autor del método, reemplazando los datos, se tiene:

$$\% \text{ Acetil} = \frac{0.05 \times (4.5-3.4) \times 4.3}{(20 / 50)} = 0.59125 \%$$

5.5. CO TENIDO DEL ACIDO GALACTURONICO

(Sánchez M. y Maceda B.⁽³¹⁾ 1987)

Cada ml. de NaOH 0.5 N usado en la titulación total para el análisis del Metoxilo (título inicial + título de saponificación), es equivalente a 97.07 mg. de ácido Galacturónico (C₆H₁₀O₇).

Para la pectina de Camu-Camu, se tendrá:

- Título inicial = 0.6 ml de NaOH 0.5 N.
- Título de saponificación = 1.6 ml de NaOH 0.5 N.
- Muestra inicial = 250 mg.

Luego se tiene:

$$(0.6 + 1.6) \times 97.07 = 213.554 \text{ mg. de ácido galacturónico}$$

$$(213.554 / 250) \times 100 = 85.4216 \% \text{ de Acido Galacturónico.}$$

5.6. DETERMINACION DELGRADO DE ESTERIFICACION:

e determina mediante la fórmula de Doesburg⁽²⁹⁾ (1965)

$$E = \frac{A \times 176}{C \times 31} \times 100$$

donde :

E = % de Esterificación

A = % de Metoxilo

C = % de ácido Galacturónico en la muestra.

Para la pectina de Camu-Camu, reemplazando los valores de los parámetros ya obtenidos anteriormente, se tiene:

$$E = [(9.93 \times 176) / (85.5 \times 31)] \times 100 = \mathbf{65.93 \%}$$

5.7. ANALISIS DE VISCOSIDAD

Para este análisis se prepara una jalea de la manera que sigue:

A. Preparación de la Jalea:

– Componentes :

agua	81 g.
Pectina	1 g.
Azúcar	150 g.
Solución de ácido cítrico 50%	1.5 ml

- Mezclar la Pectina con aproximadamente $\frac{1}{4}$ del peso del azúcar.
- Llevar el agua a ebullición y adicionar a ella la mezcla azúcar-Pectina.
- Volver al fuego y dejar hervir durante $\frac{1}{2}$ minuto.
- Adicionar el ácido, agitar, retirar la espuma y dejar enfriar.
- Adicionar el resto de azúcar agitando siempre y hervir hasta la temperatura de 105 °C.

B. Procedimiento en el análisis de la viscosidad:

- Usamos :
 - VISCOSÍMETRO DE KOELLER,
 - Tubos capilares.
 - Aceite industrial Castrol.
 - Cronómetro.
- Disponer del equipo Viscosímetro de Koehler, con baño de aceite industrial Castrol, debe estar en constante reflujo.
- Conectar el equipo a la corriente eléctrica.
- Subir las llaves de encendido correspondientes al de Line y el de 750 Watts simultáneamente.
- Programar el equipo a 50 °C con flecha hacia arriba o abajo y presionar enter.
- Continuar con el ensayo, seleccionando el tubo capilar según el tamaño y número conforme a la Tabla de factor de calibración para el viscosímetro (ver Capítulo XI., Apéndice D).
- Al tubo capilar añadimos la jalea preparada hasta un cierto nivel luego colocamos en el soporte del viscosímetro el tubo capilar

tapado que debe estar en baño de aceite caliente a 50 °C por un tiempo de ½ hora, luego destapamos el tubo y dejamos que fluya la solución por el capilar, tomando el tiempo que demora en fluir desde la primera marca del émbolo hasta llegar a la segunda marca, este será el tiempo T1.

- Luego se deja fluir hasta que llegue a la primera marcación del segundo émbolo, tomamos el tiempo de fluído hasta que llegue a la segunda marcación de éste , a este tiempo lo llamamos T2.
- Una vez obtenido T1 y T2 encontramos la viscosidad

$$V = C_n \times T_n$$

Cn = es la constante del tubo capilar , se obtiene de la tabla del factor de Calibración .

Cuadro N° 5.3. Resultados del análisis de VISCOSIDAD, realizado en el Laboratorio de Análisis de instrumentos de Investigación de la Facultad de Petróleo – UNI:

TAMAÑO	NUMERO	Factor tubo a T= 50°C	TIEMPO (s)	Viscosidad stc	VISCOSIDAD PROM. (stc)
350	Z936	0,46775	5' 21'' 76	150,50	145,56
		0,37612	6' 13'' 85	140,61	

5.8. ANALISIS DE LA ACIDEZ (pH)

- Se preparó una solución al 5 % de pectina de Camu Camu.
- El pH de esta muestra fue de 2.8.

5.9. A ANALISIS MICROBIOLOGICO DEL PRODUCTO

5.9.1. Resultados:

Cuadro N°.5.4. Análisis Microbiológico del producto(Pectina de Camu-camu):

TIPO DE ANALISIS	VALOR
Microorganismos Aerobios Mesófila viables (BAMU)	10 UFC / g
Hongos y Levaduras	4.8 x 10 ² UFC / g

*UFC : Unidades formadoras de colonias.

5.9.2. Procedimiento del análisis:

Efectuado en el Laboratorio de Industrias Alimentarias de la UNALM.

Muestra : Pectina
Cantidad : 10 g
Envase : Bolsa de polietileno
Análisis : Bacteria Aerovía Mesofila Viable (BAMV)
Mohos y Levaduras.

REALIZACION DEL ANALISIS MICROBIOLOGICO:

Medios de Cultivo:

- Agar Plate Count (BAMV):
Se usa 23.5, para 1000 ml de agua.

- Agar OGA (mohos y levaduras):
Se usa 30 g en 1000 ml de agua destilada

- Solución salina peptonada (ssp)
Cloruro de sodio : 8.5 g --- en 1000 ml de agua destilada
Peptona : 1.0 g ----- en 1000 ml de agua destilada

a. Análisis de bacteria mesófila viable (BAMV)

- DILUCION DE LA MUESTRA: En un erlermeyer se añade 90 ml de solución salina peptonada (SSP), agregando 10 gramos de pectina con una dilucion de 10^{-1} , luego con una pipeta se pipetea (sube y baja) 3 veces en el erlermeyer para lograr homogenizar.

- Se prepara tres tubos de ensayo c/u con 9 ml de SSP, y una caja petri vacía.

- De la solución anteriormente preparada se pipetea 1 ml llevándolo a una caja petri , otra cantidad igual se coloca en el primer tubo y se agita bien .

- Del primer tubo se pipetea 1 ml. y añade al segundo tubo, del segundo tubo se pipetea 1 ml y añade al tercer tubo.

- De c/u de los tubos de ensayo se extrae un mililitro de la solución y le añade a tres cajas Petri vacías.

- Homogenizamos las cuatro cajas Petri (incluida la preparada anteriormente) agitando.
- Agregamos el Agar Plate Count, para el análisis de BACTERIA AEROBICA MESOFILA VIABLE (BAMV), (aprox. 15 ml).
- Se repite el procedimiento anterior, pero en el paso final se agrega el Agar OGA, para el análisis de Mohos y Levaduras (aprox. 15 ml.)
- Homogenizamos nuevamente las cajas Petri
- Se deja solidificar.
- Seguidamente se envuelve en papel.
- Se realiza el proceso de incubación para BAMV, utilizando una estufa a 37 °C
- Para el análisis de Mohos y Colonias se lleva a la estufa a 22° C.
- La lectura para BAMV se realiza entre 1 y 2 días.
- Para lectura de mohos y levaduras es de 3 a 5 días.
- Se realiza el reporte usando un Contador de Colonias.

Resultado obtenido para la muestra de pectina del Camu Camu:

BAMV : 10 UFC /g de muestra

b. Para Mohos y Levaduras:

Realizamos dos pruebas: A y B, con las lecturas que se indican en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 5.5. Resultados de la lectura para pruebas A y B en el equipo de medición.

	A	B
-1	45	50
-2	9	4
-3	2	4
-4	0	0

Tomamos las máximas cantidades de colonias leídas y se obtiene el promedio. Se encontró para la pectina del Camu-Camu:

$$(45 + 50)/2 = 47.5$$

$$47.5 \times 10 = 475, \text{ que se redondea por el método } = 480$$

Entonces, se expresa = **4.8x10 UFC /g de muestra**

5.10. ESPECIFICACIONES COMERCIALES DE LA PECTINA OBTENIDA

Cuadro N°. 5.6. Resumen de las especificaciones comerciales de la Pectina obtenida del Camu Camu

ESPECIFICACION	DESCRIPCION
COLOR	Blanco-rosado
TAMAÑO DE PARTICULA	Malla 50 tyler
GRADO DE PECTINA	140-160
TEMPERATURA DE GELIFICACION	58°C
TIEMPO DE GELIFICACION	8 min.
TIPO DE PECTINA	Gelificación lenta

5.10.1. Determinación del grado de gelificación del producto:

Método de comparación con una “jalea standard”, preparada con una Pectina standard de grado conocido (150), método de Owen 1952, citado por Ranganna⁽³⁵⁾, 1977.

- Anotar el peso de la vasija y cucharón usados para preparar la jalea.
- Añadir 320 ml de agua destilada fría.
- Pesar 500 g. de azúcar
- Si el grado de la Pectina es 150, pesar 3.33 g. de pectina (ver Cuadro No.5.7.) y mezclar la pectina con 5 veces su peso de azúcar.

- Al agua de la vasija, añadir 0.5 ml de solución de ácido cítrico al 50% y 1 ml de solución de Citrato de sodio al 25%.
- Añadir la mezcla pectina - azúcar en el agua.
- Agitar para asegurar la dispersión.
- Llevar la mezcla al fuego, calentar rápidamente hasta ebullición y agitar constantemente para prevenir amontonamiento o adherencias en las paredes de la vasija.
- Hervir por 30 s., retirar del fuego. Agitar hasta que la pectina haya entrado en solución completamente y luego añadir el azúcar remanente.
- Calentar la solución nuevamente hasta ebullición, agitar continuamente y hervir hasta un peso neto de la mezcla de 770 g.
- Remover del fuego ocasionalmente para chequear el peso, ya que de otro modo demasiada agua puede haber sido evaporada.
- Cuando el peso correcto ha sido alcanzado, remover del fuego y permitir que la jalea enfrié por 30 segundos. Eliminar la espuma.
- Preparar tres vasos limpios y añadir 2 ml de solución de ácido cítrico y 0.5 ml de solución de Citrato de sodio a cada uno, mientras la jalea está hirviendo.
- Vaciar la jalea caliente en estos vasos y agitar por 2 o 3 segundos con una bagueta para asegurar la mezcla completa del ácido cítrico, citrato de sodio y jalea caliente.
- Dejar reposar las jaleas durante 18 horas.

- Comparar la firmeza de la jalea empleada, con una jalea standard preparada bajo condiciones similares. Si la gelatina no tiene la consistencia que presenta una standard, preparar otra gelatina incrementando o disminuyendo la cantidad de pectina hasta alcanzar la consistencia de la jalea standard de grado 150.
- El cálculo del grado de pectina de prueba será:

$$\text{Grado de Pectina de prueba} = \frac{(\text{peso} \times \text{grado de pectina})^*}{\text{Peso de pectina de prueba}}$$

* : Datos referidos a la pectina estándar.

Cuadro N° 5.7. Pesos de Pectina usados en las pruebas para determinar los diferentes grados de gelificación.
(con 500 gr. de azúcar)

GRADO	PESO(g)	GRADO	PESO (g)
50	10	140	3.57
60	8.33	150	3.33
70	7.14	160	3.12
80	6.25	170	2.94
90	5.55	180	2.78
100	5.00	190	2.63
110	4.55	200	2.50
120	4.17	210	2.38
130	3.85	220	2.27

Fuente : Ranganna, 1977

**5.10.2. Determinación de la temperatura de gelificación:
(método de Hinton citado por Ranganna⁽³⁵⁾, 1977).**

- Preparar una jalea de prueba con 65 % de sólidos solubles, pH 3.0 - 3.2 y una cantidad apropiada de pectina, según el grado de gelificación.
- Preparar 6 tubos de prueba con tapones de goma y tan pronto como el gel esté listo, verter éste en los tubos y colocarlos en baño María, el cual se habrá calentado previamente a 95 C tapar los tubos.
- En uno de los tubos colocar un termómetro, cuando los tubos hayan sido llenados se retiran de la fuente de calor, removiendo constantemente mientras se enfría.
- Después de un intervalo de tiempo razonable examine el contenido de un tubo. Si no ha ocurrido la Gelificación vuelva a colocar los tapones, deje enfriar al aire y examine a intervalos cortos para ver si hay signos de Gelificación.
- Tan pronto como esta se ha observado, colóquelo aparte para una observación posterior.
- Repita el proceso hasta que al retirar un tubo del agua muestre signos de una jalea suelta cuando el tubo es levantado.
- La decisión de cuando ha empezado el cuajado, no considera la formación de una delgada capa en la superficie, ya que esta puede ser debido a una pequeña evaporación, resultando una pequeña concentración en la superficie.
- El verdadero cuajado, usualmente empieza desde la base del tubo. Anote el tiempo transcurrido desde que se vació

y la temperatura mostrada por el termómetro insertado en uno de los tubos.

6.10.3. Determinación del tiempo de gelificación:

(Método citado por Ranganna⁽³⁵⁾, 1977)

- Acondicionar un recipiente con agua destilada a 30° C, de tal manera que cuando los vasos con jalea sean colocados dentro del recipiente, no sea rodeado por el agua hasta la corona.
- Preparar jalea de la manera como se indica para la determinación de la temperatura, luego verter en los vasos.
- Tan pronto como sea llenado el primer vaso, anote el tiempo. Llene los otros vasos de la misma manera.
- Preste mucha atención al primer vaso, dar pequeño y suave giro a intervalos.
- Observe el cuajado, que progresa desde el fondo hasta la cubierta de la jalea. Primero se verá las partículas de gelatina rotar, solo en la dirección en que el vaso es rotado.
- Tan pronto la jalea empiece a cuajar, las partículas en la parte más baja del vaso rotarán en la misma dirección del giro del vaso y luego se regresarán a la posición opuesta. Cuando esto ocurra detenga el reloj.
- El intervalo entre el comienzo y el final del tiempo del reloj, es el tiempo de Gelificación. Usualmente referido al mismo tiempo de cuajado de la pectina.

- Las pectinas de asentamiento rápido gelifican en menos de 2 minutos, mientras que las de cuajado lento requieren más de 3 minutos.

CAPITULO VI
BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA

BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

6.1. BALANCE DE MASA

Se presenta el balance de masa de las etapas principales. El trabajo se hizo con un kilogramo de fruta fresca de Camu-Camu.

ETAPA DE EXTRACCIÓN (O HIDRÓLISIS):

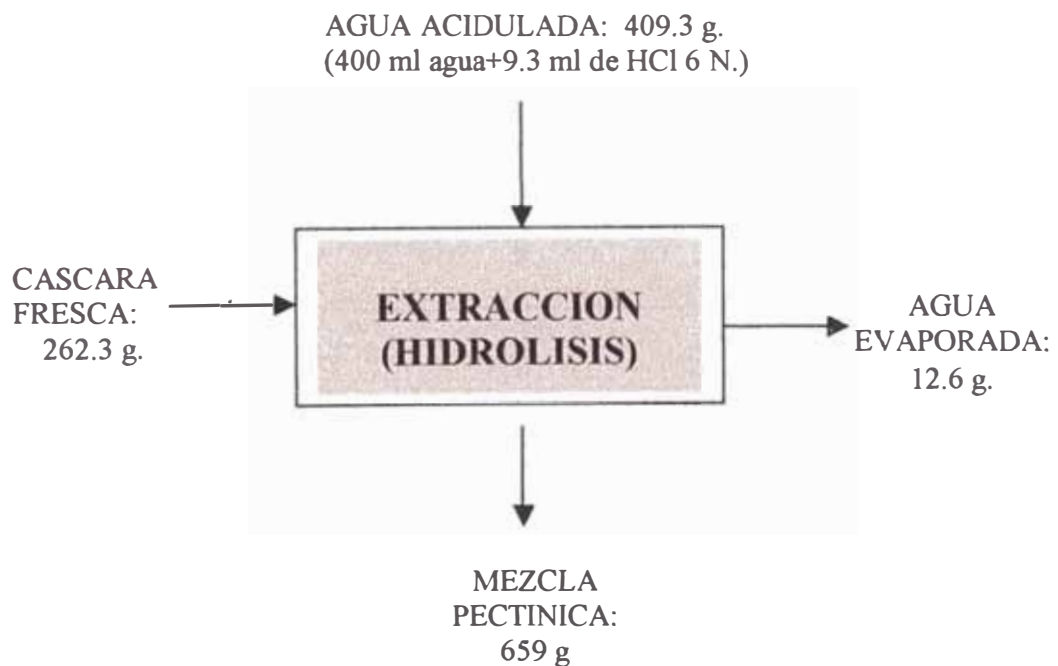
Es la inicial, donde se extrae las sustancias pécticas de la materia prima.

CONDICIONES: (óptimas derivadas del proceso de investigación y análisis del presente trabajo)

Relación carga/solvente	:	1/1.5
Acidez (ph)	.	2
temperatura (°c)	:	65
Tiempo (minutos)	:	45

DATOS:

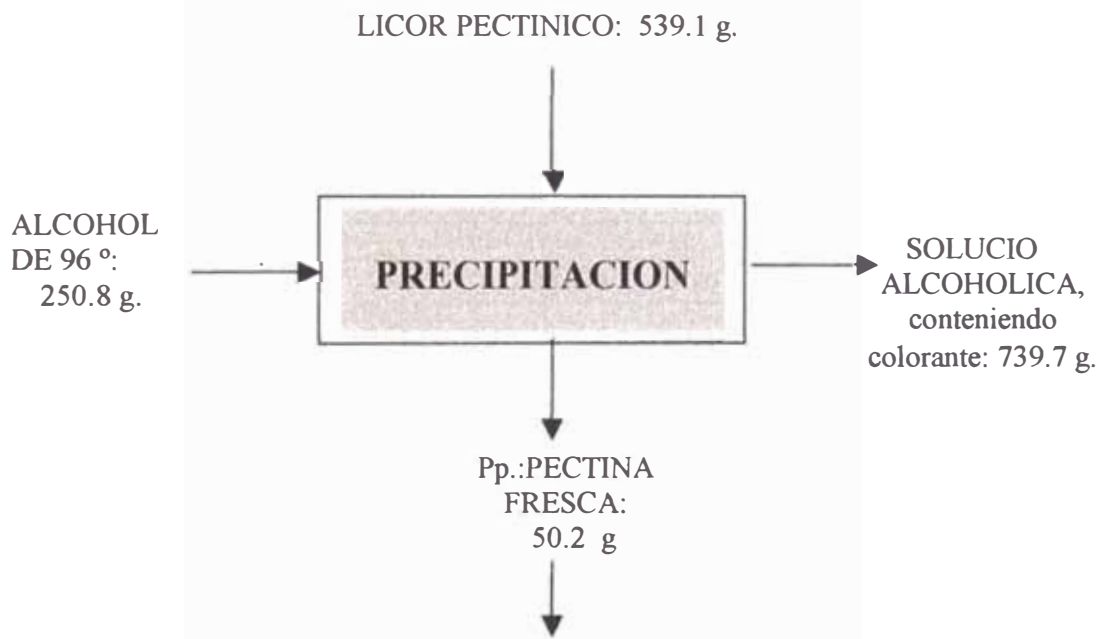
Materia prima (carga)	:	262.2	g. de cáscara
Agua acidulada	:	409.3 ml	agua



ETAPA DE FILTRACION:

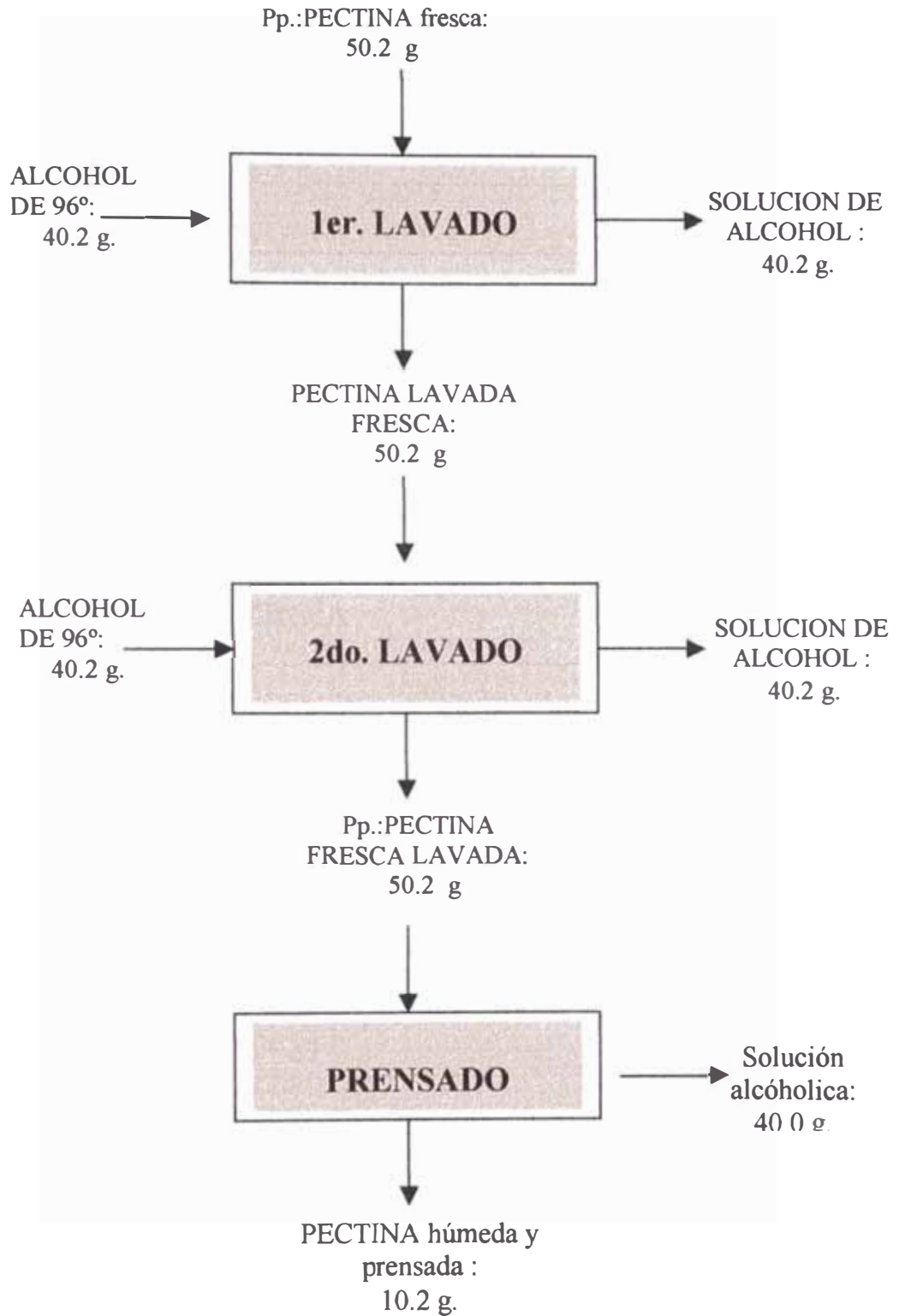


ETAPA DE PRECIPITACION:

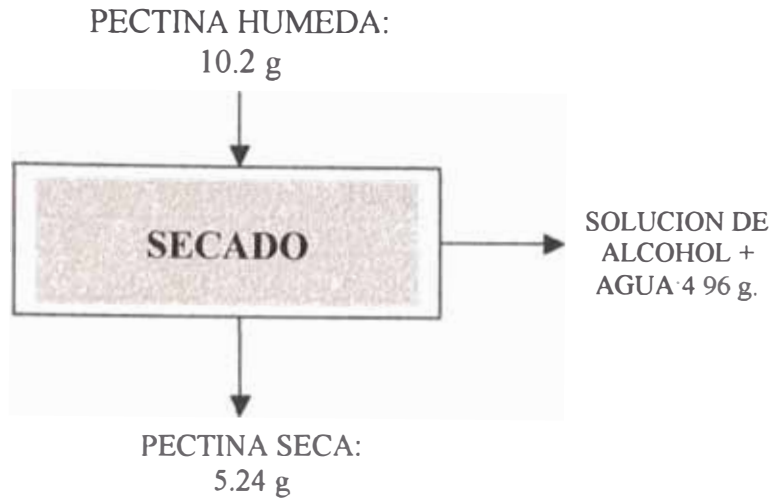


ETAPA DE LAVADO Y PRENSADO:

Para eliminar las cenizas, colorante y otras impurezas.



ETAPA DE SECADO:



6.2. BALANCE DE ENERGÍA

6.2.1. Energía en el proceso:

CALOR AB ORBIDO:

$$Q_{\text{sensible}} = q_{\text{agua}} + q_{\text{cáscara}} \quad \dots\dots(a)$$

T1 = 65°C (temperatura final de calentamiento).

T2 = 20°C (temperatura ambiente, inicial).

$$q_{\text{agua}} = m * C_p * \Delta T$$

$$C_p_{\text{agua}}(\text{cal/g}^\circ\text{C}) = 1$$

$$\Delta T (^\circ\text{C}) = 45^\circ\text{C} = 113 \quad ^\circ\text{F}$$

$$q_{\text{agua}} = (400 \text{ g.}) * (1 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}) * (65-20) ^\circ\text{C} = 18418.5 \text{ cal.}$$
$$= 18.42 \text{ Kcal.}$$

Cálculo del calor sensible absorbido por la cáscara:

Hallando el Cp de la cáscara:

consideraremos el procedimiento de Earle R.⁽²¹⁾, (Ing. De Alimentos)

$$Cp_{\text{cáscara}} = (p/100) + 0.2 (100 - p) / 100 \text{ Kcal/Kg.}^\circ\text{C}$$

p: humedad (para la cáscara de camu camu hallada en laboratorio)=85%

$$Cp_{\text{cáscara}} = 0.2068 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} q_{\text{cáscara}} &= m * Cp_{\text{cáscara}} * \Delta T \\ &= (262.2 \text{ g.}) * (0.2068 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}) * (65-20)^\circ\text{C} \\ &= 2440.0332 \text{ cal.} \\ &= 2.440 \text{ Kcal.} = \mathbf{10.22 \text{ KJ.}} \end{aligned}$$

Por lo tanto : en (a)

$$\begin{aligned} Q_{\text{sensible absorbido}} &= q_{\text{agua}} + q_{\text{cáscara}} \\ Q_{\text{sensible absorbido}} &= 20858.533 \text{ cal.} = 87330.507\text{J} \\ Q_{\text{sensible absorbido}} &= \mathbf{20.86 \text{ Kcal.}} = \mathbf{87.33 \text{ KJ.}} \end{aligned}$$

CALOR PERDIDO:

$$\begin{aligned} Q_{\text{perdido}} &= q_{\text{conv.}} + q_{\text{rad.}} \dots\dots\dots(b) \\ q_{\text{conv.}} &= hc * A * \Delta T \quad (\text{Kern}^{(27)}) \\ hc &= K(\Delta T)^{0.25} \\ hc &= 0.946 \\ q_{\text{con.}} &= \mathbf{78.47 \text{ BTU/hr}} \end{aligned}$$

$$q_{\text{rad}} = \sigma * \epsilon_1 * A [(T_1 / 100) ^ 4 - (T_2 / 100) ^ 4]$$

donde:

$K = 0.2 \text{ BTU} / (\text{hr} * \text{pie}^2 * ^\circ\text{R})$, (conductividad por convección para vidrio)

$A = 0.165693885 \text{ pie}^2$, (área de exposición, con vaso de 0.14 m diámetro).

$$\sigma = 0.173 \times 10^{-8} \text{ BTU} / (\text{hr}) (\text{pie}^2) (^\circ\text{R}^4)$$

$$\epsilon_1 = 0.937 \quad (\text{emisividad: de Tablas Ocon Tojo, Pag.99})$$

$$T_1 = 70 \text{ }^\circ\text{C} = 149^\circ\text{F} = 617.6 \text{ }^\circ\text{R} = 158^\circ\text{F}$$

$$T_2 = 65 \text{ }^\circ\text{C} = 68^\circ\text{F} = 608.6 \text{ }^\circ\text{R} = 149^\circ\text{F}$$

$$\Delta T = 5 \text{ }^\circ\text{C} = 113^\circ\text{F} = 500.6 \text{ }^\circ\text{R} = 41 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$q_{\text{rad}} = 2.38 \text{ E}^{-08} \quad \text{BTU/hr}$$

Reemplazando datos en (b):

$$Q_{\text{perdido}} = 78.47 \quad \text{BTU / hr.}$$

Tiempo de proceso = 45 min.

$$Q_{\text{perdido}} = 78.47 \quad \text{BTU / hr.} * (45 \text{ min} * 1 \text{ hr.} / 60 \text{ min.})$$

$$Q_{\text{perdido}} = 58.85 \quad \text{BTU}$$

$$Q_{\text{perdido}} = 14.84 \quad \text{Kcal.}$$

$$Q_{\text{perdido}} = 62.09 \quad \text{KJ}$$

Luego: Calor total utilizado en el proceso será:

$$Q_{\text{total}} = 149.42 \quad \text{KJ}$$

6.2.2. Energía usada en la recuperación del alcohol:

DATOS : Tomamos 300 ml.de una muestra de solución alcohólica compuesta de 220 ml de alcohol y 80 ml. de agua, con un peso total de 398 g.

Entonces se tiene:

Peso del agua = 80 g

Peso del alcohol = 318 g.

$$Q_{\text{sensible}} = q_{\text{agua}} + q_{\text{alcohol}}$$

$$T_1 = 78^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 20^{\circ}\text{C}$$

Calor absorbido por el agua:

$$q_{\text{agua}} = m * C_p * \Delta T$$

$$C_p_{\text{agua}}(\text{cal/g}^{\circ}\text{C}) = 1$$

$$\Delta T (^{\circ}\text{C}) = 58^{\circ}\text{C}$$

$$q_{\text{agua}} = (80 \text{ g.}) * (1 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}) * (78-20)^{\circ}\text{C} = 4640 \text{ cal.}$$

$$q_{\text{agua}} = 4.64 \text{ Kcal.} \quad \dots(\text{c})$$

$$q_{\text{alcohol}} = m * C_p_{\text{del alcohol}} * \Delta T$$

$$C_p_{\text{alcohol}}(\text{cal/g}^{\circ}\text{C}) = 0.77$$

$$\Delta T (^{\circ}\text{C}) = 58^{\circ}\text{C}$$

$$q_{\text{alcohol}} = (318 \text{ g.}) * (0.77 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}) * (78-20)^{\circ}\text{C} = 14201.88 \text{ cal.}$$

$$q_{\text{alcohol}} = 14.20 \text{ Kcal.} \quad \dots\dots(\text{d})$$

Luego de (c) + (d) , se tendrá:

El calor sensible en la recuperación del alcohol = 18.842 Kcal.

Equivalente a 78.88 KJ

CAPITULO VII

ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

DISCUSION Y ANALISIS DE RESULTADOS

- El proceso de extracción, se inició tomando como referencia los datos para los parámetros óptimos en la obtención de pectina del limón reportado por Roessl (1978: R=1/20, pH=1.9 , T=60° y t=60 min.). Seguidamente se optimizaron estos parámetros para el caso del Camu-Camu, teniéndose como indicadores el rendimiento, la viscosidad de la jalea y textura de la misma.
- En la relación de carga (cáscara fresca) y agua, se varió desde 1:1 hasta 1:6, a un pH 1.5 y T = 65 °C, utilizándose HCl como elemento para acidificar el agua. Se pudo observar que a relaciones bajas de esta relación carga/agua, se dificulta la filtración del extracto debido a la alta viscosidad. La relación óptima resultó ser: 1 de cáscara a 1.5 de agua.
- La temperatura se varió desde 30°C hasta 90°C observándose que a altas temperaturas la viscosidad de la jalea baja, debido a la degradación de las sustancias pécticas; asimismo a bajas temperaturas decrece la viscosidad por la ineficiente hidrolización de la protopectina.
- En la variación del rendimiento con la temperatura se obtuvo 65 °C como el óptimo. Hay que tener mucho cuidado con altas temperaturas, pues producen rompimiento de cadenas de unidades de ácido galacturónico, lo que provoca la reducción del poder gelificante y la caída de la viscosidad; y si son muy bajas se puede desesterificar.
- En cuanto al pH, se varió desde 0.8 hasta 3.5 usando HCl, observándose que a pH alto decrece el rendimiento por cuanto la falta de acidez no permite solubilizar a la protopectina y a pH muy bajo no permite la formación de las pectinas, probablemente por degradación de éstas. El pH óptimo resultó estar entre 1.8 a 2. El pH tiene una relación directa con el % de cenizas del precipitado: A mayor PH mayor cantidad de cenizas. Por lo que es ideal trabajar con un PH bajo, porque se obtendrá una pectina con menor cantidad de cenizas y será más fácil de purificación.

- En cuanto al tiempo de hidrólisis se determina que es más eficiente un tiempo de duración de 45 minutos, la eficiencia baja en tiempos largos por cuanto las sustancias pécticas tienden a degradarse por excesiva hidrólisis y mucha exposición a la temperatura; con tiempos cortos la hidrólisis es incompleta.
- Asimismo en la precipitación del extracto péctico, se encontró que el alcohol de 96° es un 60% en volumen, es más eficiente para la obtención de la pectina en el proceso de esterificación de la molécula de ácido poligalacturónico, y que redundará en la calidad de ésta.
- La fruta a procesar debe estar madura para obtener pectina, porque si está verde mayormente es protopectina, tampoco debe estar demasiado madura porque la pectina se puede descomponer en alcohol etílico y ácido péctico.
- El agua para realizar la hidrólisis no debe contener metales pesados ni Ca y Mg a fin de facilitar la purificación del producto, pudiéndose utilizar agua tratada.
- El % de grupos metoxilo es 9.93, según el cual se clasifica en pectina de alto metoxilo, entonces siendo ésta de gelificación lenta se podría emplear en la elaboración de jaleas y mermeladas que es idóneo.
- El grado de esterificación encontrado fue de 66%, el cual se encuentra en el rango (> 60%) para pectinas de alto metoxilo.
- El grado de gelificación de la pectina fluctúa entre 140 y 160, este valor se determinó mediante ensayos comparativos con geles de una pectina standard a 65% de sólidos y su de pH de esta jalea es de 3.1. La determinación del grado de la pectina se realizó por apreciación y comparando con la pectina standard de grado 150, se va ajustando hasta obtener una consistencia similar a ésta, para lo cual se va aumentando o disminuyendo la cantidad de pectina problema en la preparación de la jalea.
- Para realizar el blanqueado de la pectina coloreada por la antocianina presente en el Camu-Camu, se usó bisulfito de sodio, seguido de un buen

lavado con alcohol etílico de 60°, 70° y 96° respectivamente. Este solvente disuelve la mayoría de impurezas solubles en el agua asociados con la extracción de pectina.

- Los residuos de la extracción podrían ser empleados como materia prima en la producción de concentrado de animales.

CAPITULO VIII

COSTO DE PROCESAMIENTO

En una *Planta de ácido ascórbico* que procese 1000 Kg de fruta del Camu-Camu, por el balance de masa se obtendrá 262,2 Kg de cáscara, que ingresará a la **UNIDAD D PILOTO de PECTINA** como materia prima. De esta cantidad, de acuerdo a resultados experimentales, se obtiene 5.244 Kg de Pectina.

A continuación en el **Cuadro 8.1.**, se presenta los cálculos de costos para la producción de los dos primeros lotes de pectina en una UNIDAD PILOTO, que deberá ser sumada a la PLANTA PRINCIPAL DE ACIDO ASCORBICO (producto central de la fruta de Camu-camu) o en todo caso a una PLANTA DESPULPADORA.

Cuadro N°. 8.1.

COSTO DE MATERIA PRIMA E INSUMOS EN LA PRODUCCION DE PECTINA A PARTIR DE CASCARA DE CAMU-CAMU, PARA UNA UNIDAD PILOTO EN SUS DOS PRIMEROS LOTES (CAPITAL DE TRABAJO)

Para producir 5.244 Kg de Pectina Acida de Camu Camu por lote

DESCRIPCION	PRIMER LOTE			SEGUNDO LOTE		
	CANTIDAD	VAL. UNIT.	TOTAL(S/.)	CANTIDAD	VAL. UNIT.	TOTAL(S/.)
CASCARA DE CAMU-CAMU(Kg)	262,20	0,00	0,00	262,20	0,00	0,00
AGUA DE PROCESO (m3) (393 litros)	0,39	0,87	0,34	0,39	0,87	0,34
INSUMOS:						
Ac.Clorhídrico Q.P.(lt.)	3,28	13,00	42,61	3,28	13,00	42,61
Alcohol 96° (gal.)	59,00	10,00	589,95	11,80	10,00	118,00
COMBUSTIBLE:						
Diesel 2 (galon)	4,00	6,00	24,00	4,00	6,00	24,00
TOTAL EN SOLES			656,90			184,95
TOTAL EN US\$			187,69			52,84

tipo de cambio: 1 \$= S/3.5

- * A partir del segundo lote, el costo de producción es constante igual a US\$ 52.84 por lote.
- * El precio de venta de Pectina en el mercado es de US\$ 19.18 por Kg.
- * Costo unitario de producción de Pectina es de 10.07 \$/Kg, excepto para el primer lote que es de 35.76 \$/Kg.

Cuadro N° 8.2.

**COSTO PRIMO MENSUAL DE EXTRACCION DE LA PECTINA DE LA CA CARA DE CAMU-CAMU, EN UNA UNIDAD PILOTO
(Producción = 230.74 kg de Pectina)**

DESCRIPCION	S/.	Sub total(S/.)
MATERIA PRIMA (E INSUMOS)		
cáscara de camu-camu	0,00	
Alcohol	5663,00	
HCl	1874,84	
Combustible	1056,00	
Agua	14,96	
	S/.	8608,80
COSTOS VARIABLES		
M. Obra	1800,00	
Servicios	50,00	
Gastos Adm.	40,00	
	S/.	1890,00
COSTO PRIMO DE PRODUCCION TOTAL	EN S/.	10498,80
	EN US\$	2999,66

EGRESOS POR COSTO PRIMO, MENSUAL = EN S/. **10498,80**
ó = EN US\$ **2999,66**

Cuadro N° 8.3.

PRINCIPALES EQUIPOS QUE SE REQUIERE EN UNA UNIDAD PILOTO PARA LA PRODUCCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA CASCARA DEL CAMU-CAMU (Myrciaria Dubia H.B.K. Mc Vaugh) **

CODIGO	DESCRIPCION
F-111	Tanque de dosificación de agua
F-112	Tanque de dosificación de HCl (6 N)
F-110	Tanque de Extracción
F-113	Tanque de Precipitación
F-114	Tanque de dosificación de alcohol
F-121	Tanque de recuperación de alcohol
D-115	Prensa-Tornillo
D-118	Filtro-Tamiz
C-120	Molino bolas
B-119	Mufla-Secador
N-116	Agitador
N-117	Agitador
L-114	Bomba
E-122	Rehervidor
E-123	Condensador

En el **PERFIL DE DISEÑO Y EL CÍDULO EQUIPO, así como el costo proyectado de los mismos.

CAPITULO IX
CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- La pectina obtenida a partir de la cáscara del Camu-Camu, presenta un grado de gelificación entre 140 a 160, lo cual se hace competitivo con las otras pectinas obtenidas de otras frutas cítricas.
- La cantidad de pectina obtenido de la cáscara del Camu-Camu con los parámetros óptimos indicados fue 2%. Este resultado indica que esta materia prima no puede sustituir a los otros frutos cítricos como fuente primaria de pectina, pero sí como fuente secundaria, porque esta pectina es de alto % de grupos metoxilos (9.93%), que compensa en cierta forma tal inconveniente y ofrece una perspectiva más para el aprovechamiento del recurso que en la actualidad no es aprovechado.
- El producto obtenido se clasifica como de gelificación lenta, pero es de alto contenido de metoxilo.
- De los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos obtenidos, concluimos que es apto para consumo humano, según normas de la FAO.
- Los parámetros optimizados para la obtención de pectina del fruto selvático Camu camu son: relación materia prima/agua: 1 a 1.5, a un pH 2, temperatura de 65°C y con tiempo de hidrólisis de 45 minutos.
- Se concluye asimismo que es económicamente factible este proceso, por cuanto los costos de producción son bajos, ya que la materia prima es un desecho industrial que está cada vez en abundancia por el aumento en el requerimiento del ácido ascórbico como producto principal. Asimismo el precipitante usado es el alcohol, que se recupera por destilación hasta un 80%.

CAPITULO X

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. **Chávez w.** 1993, ‘‘Camu Camu,’’ pag. 139 – 146.
2. **Ferreyra R.** 1959, ‘‘El Camu Camu nueva fuente natural de vitamina C’’, Estación experimental agrícola La Molina año 33, No 385, pág. 1 – 4.
3. **González R.** ‘‘Estudio Técnico sobre la elaboración de Conservas de Camu Camu’’, Tesis de Facultad de Industrias alimentarias Universidad Nacional de la Amazonia Iquitos.
4. **INIA** 1987 ‘‘Estudio del mercado de frutas nativas de la selva peruana’’, Programa de investigación en cultivos tropicales, pág. 45.
5. **Peters C. M. y A. Vasquez** 1986, ‘‘Estudio ecológico del Camu Camu’’, Producción de frutas en poblaciones naturales mimeógrafo, 17 páginas.
6. **Riva R.** 1994, ‘‘Cultivo del Camu Camu en Pucallpa’’, INIA Pucallpa, 19 pág.
7. **ROTA .A.** 1965, ‘‘Estudio bromatológico de la Myrciaria paraencis Berg’’, Tesis – UNAM.
8. **Servicio Informativo Iberoamericano, Mayo 1999, ‘‘CAMU CAMU fuente de vitamina C’’.**
9. **PROMPEX, ‘‘CAMU CAMU’’, folleto, páginas 73-79.**
10. **Villachica H.,J.E.U Carvalho, C.H. Muller** 1996., ‘‘Frutas y hortalizas promisorias de la Amazonía’’, FAO tratado de cooperación amazónica.
11. **DAR PERU, ‘‘Producción proceso y exportación de Lúcumá, Camu Camu y Maca’’**, Abril del 2001.
12. **PRODAR , ‘‘Camu Camu’’.** Ficha técnica de productos promisorios páginas 1 – 2.
13. **Iman Correa Sixto , ‘‘Cultivo de Camu Camu Mircyaria dubia H.B.K. en la Región Loreto’’**, pág. 8 – 15.

14. **Coronado Huapaya**, "Evaluación de pérdida de vitamina C durante el proceso de almacenamiento de la pulpa de Camu Camu", Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias (UNALM), 1995.
15. **Sotomayor Camargo Patricia.**, "Influencia de los encapsulamientos y la temperatura de secado en la calidad del Camu Camu", Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias (UNALM) 2000.
16. **Braverman J.B.S.**, "Introducción Bioquímica de alimentos", Editorial Omega, Barcelona 1967 pág. 355.
17. **Brown. G.**, "Operaciones Básicas en Ingeniería Química "Editorial Marín S.A. España 1965, pág. 34, 71 – 72 y 244.
18. **CHeftel J., CH eftel H., Besacon P.**, "Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos", editorial Acribia vol II, España, 1976, paginas 162–169.
19. **G.G. SCHNEIDER y JI.Bock**, 1937, ver.70.1.617.
20. **Desroisier N.**; "Conservación de Alimentos", Editorial Continental S.A., México 1980, págs. 320 – 323.
21. **Earle** , " Ingeniería de los Alimentos " , Editorial Acribia, España 1979, pág. 324.
22. **ZAPATA, SERGIO y JEAN PIERRE DUFOUR**, 1992 "Ascorbic de Hydroascorbic and isoascorbic acid simultaneous determinations by reverse phase ion interaction", HPLC.J. Food Sci.57, páginas 506-511.
23. **Ferro R, Casteblanco H.**, "Extracción y Caracterización de Pectina de dos variedades de guayaba", tecnología de Colombia, 1969, págs.30 – 42.
24. **Foust A., Wenzel L., Clump C., Maus L., Andersen L.**, "Principio de Operaciones Unitarias", Editorial Continental S.A., México, 1985, págs. 419 – 420.
25. **García M.**, "Extracción de Pectina a Partir de desechos Industriales de Membrillo", Tesis facultad de Industrias Alimentarias, UNALM, 1971, págs. 40 – 44.

26. **Huerta G.**, "Extracción de Pectina a Partir de cáscara de Membrillo" por el método de precipitación con sales", tesis de la Facultad de Industrias Alimentarias, UNALM, 1990.
27. **Kern D.**, "Proceso de transferencia de calor", compañía editorial continental S.A. México, 1997, páginas: 99,259. 811 –815.
28. **ELSO D.**, "Comercially Important Pectic substances Food Colloid M.M.", Graham, 1997, páginas: 718 - 437.
29. **DOESBURG J.**, "Pectic substances in fresh and preserved fruit and vegetables", Institute for research storage and processing of Horticultural produce, The Netherlands, 1965, páginas 22-42.
30. **Kirk Othmer**, "Enciclopedia de Tecnología Química" Editorial utcha, México 1962, páginas 794 – 807.
31. **Maceda B., Sánchez**, "Obtención de Pectina a partir de los frutos de los géneros cítricos y Pasiflora ", Tesis Químico farmacéutico UNMSM 1987, pág. 83.
32. **Muller H.C.**, "Introducción a la reología de alimentos". Editorial Acribia, España, 1978, pág.: 39 - 41,89 – 93.
33. **Perry Chilton** , "Manual del Ingeniero Químico", Editorial MG. Craw Hill latinoamericano S.A. México, 1982, pág. : 3 – 119.
34. **Primo Y.**, "Química Agrícola, Tecnología de Productos alimenticios", tomo III, Editorial Alhambra S.A., España, 1981, pág. 383 - 384 , 395.
35. **Ranganna**, "Manual of analisis of fruit andproducts vegetables", Editorial MC Graw Hill publishing company, New Delhi, 1977, pág. : 21 – 54.
36. **Roessl C. P.**, "Extracción de Pectina a Partir de desechos Industriales de Limón" ., Tesis Facultad de Industrias Alimentarias, UNALM, 1978, pág.: 112 – 116.
37. **Tene C.**, "Estudio de Factibilidad técnica sobre la extracción de Pectina de guayaba ", Tesis Ingeniería Química UNMSM, pág. 33 – 42.
38. **Ullman.**, "Enciclopedia Química Industrial", 2da. Edición Editorial Gustavo Gili S.A., Barcelona, 1950 , pág. : 31 – 335.

39. **Villalobos C. M.** , “Pectina sus características y aplicaciones en la Industria Alimentaria, tecnología para el desarrollo”, Instituto de investigaciones y Tecnologías, No 174, Colombia , 1988, pág.: 6 – 21.
40. **Huertas Rosales Lidia.**, “Obtención de la Pectina por el método de Precipitación con Sales a partir de la cascara de Membrillo”, Tesis de la Facultad de Industrias Alimentarias UNALM, pág. 44 – 76.
41. **Quevedo León Roberto Agustín.**, “Extracción de Pectina a partir de los desechos Industriales del limón por Electrodecantacion”. Tesis de la Facultad de Industrias Alimentarias UNALM., Pág. 25 - 32, 40 – 87.
42. **Batty J. Clair Folkman**, “Fundamentos de Ingeniería de Alimentos”, Editorial continental, S.A. México 1989 , pág.: 178 - 180 , 186 – 187.
43. **J.P. Hollman**, VIII edición “Transferencia de Calor”, Editorial Concepción Fernández , Madrid España, pág. 7 - 10.
44. **MEGYESY Eugene F.**, “ Manual de Recipientes , Presión, Diseño y Cálculo”, Editorial Limusa, 1998, pág. 264 y 265.
45. **GAEL D. ULRICH**, “Diseño y Economía de los Procesos de Ingeniería Química”, Editorial McGRAW HILL, 1992.
46. **AGY S.,SHAN P.,VELDHEVIS M.** ,”Citrus scienceand technology”, The Avi Publishing Company INC, vol 2,USA, 1977, Págs: 308-315.

BIBLIOGRAFIA OBTENIDA DE INTERNET

47. **Ferrera Ardila Salomon** , “ Extracción y caracterizaron de Pectina de Frutas tropicales (Mora y Uchuva)”, Facultad de Ciencias Dpto. de Farmacia Universidad Nacional de Colombia.
48. **Ferrera Ardila Salomon** , “ Obtención y caracterización de Pectina a partir de los desechos de mango (cáscara)”. Facultad de Ciencias Dpto. De Farmacia Universidad Nacional de Colombia.

49. **amejo Aparicio Clara .,**”Extracción y Caracterización de Pectina en Toronjas de la Región Zuliana” ., Laboratorio de alimentos Dpto. De Química Facultad de Ciencias (LUZ)”, Maracaibo Venezuela.
50. **AD T,** on line. La ADUANA sin papeles, Partidas N°s. 1302200000 y 2936270000.