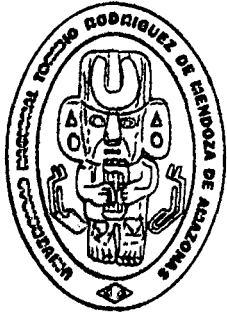


UNIVERSIDAD NACIONAL
"TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA"
DE AMAZONAS



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL
DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA
CÁSCARA DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)

Tesis para obtener el título profesional de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Presentado por:

Bach. OLIVIA DEL ROSARIO VALDIVIA HERNÁNDEZ

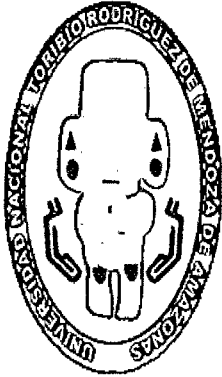
Asesor:

Blgo. Ms.C. JULIO MARIANO CHÁVEZ MILLA

CHACHAPOYAS - PERÚ

2009

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA
DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL
DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA
CÁSCARA DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)**

**Tesis para obtener el título profesional de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Presentado por:

Bach. OLIVIA DEL ROSARIO VALDIVIA HERNÁNDEZ

Asesor:

Blgo. Ms.C. JULIO MARIANO CHÁVEZ MILLA

CHACHAPOYAS - PERÚ

2009

DEDICATORIA

**Este trabajo lo dedico a mis padres
CARMELA HERNÁNDEZ ALARCÓN
Y SILVERIO VALDIVIA DÍAZ por el
inmenso amor, sacrificio, apoyo
incondicional y confianza puesto en mí.**

**A tí GLADIS JANET VALDIVIA
HERNÁNDEZ, que estás siempre con
nosotros y que nunca te olvidaremos a
pesar de la distancia, con la esperanza de
volvemos a encontrar.**

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la salud y fortaleza brindada durante el recorrido del camino para el desarrollo de mi Tesis

A mis padres por el apoyo incondicional y la confianza que pusieron en mí para la culminación de mi carrera y la elaboración de mi Tesis.

A mi asesor Julio Mariano Chávez Milla por su permanente colaboración y apoyo incondicional brindado hacia mi persona durante el tiempo que duró el desarrollo de la Tesis.

A mis hermanos y amigos por su apoyo y fortaleza en momentos difíciles, que gracias a ellos logré superar.

A todos aquellos que de una u otra manera hicieron posible el desarrollo de mi Tesis.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.

Dr. Héctor Emilio Garay Montañez
Presidente

M. Sc. Lorenzo Melquiades Alvites Velezmoro
Vicepresidente Académico

Dr. Federico Raúl Sánchez Merino
Vicepresidente Administrativo

ING. Ms.C. Miguel Ángel Barrena Gurbillón
Responsable de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

VISTO BUENO DEL ASESOR

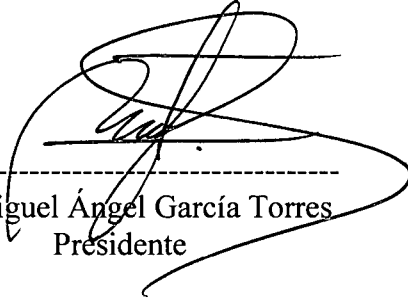
Yo Julio Mariano Chávez Milla, docente de la carrera profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNAT-A, asesor de la tesis titulada “Obtención y caracterización de pectina a partir de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.)” presentado por la bachiller Olivia del Rosario Valdivia Hernández, egresado de la carrera profesional de Ingeniería Agroindustrial.

Por lo indicado doy testimonio y visto bueno, que la bachiller Olivia del Rosario Valdivia Hernández, ha efectuado la tesis mencionada, que en fe de la verdad firmo la presente.



Blgo.Ms.C. Julio Mariano Chávez Milla.
Profesor asociado de la CPIA

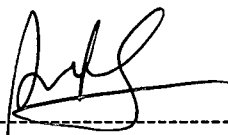
JURADO EVALUADOR



Ing. Miguel Ángel García Torres
Presidente



Blgo. Oscar Andrés Gamarra Torres
Secretario



Ing. Helí Humberto Aguirre Zaquinaula
Vocal

INDICE GENERAL

PAG.

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	iii
VISTO BUENO DEL ASESOR	iv
JURADO EVALUADOR	v
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN-----	1
II. MATERIAL Y MÉTODO-----	9
2.1. Material biológico-----	9
2.2. Selección y clasificación-----	9
2.3. Picado y pasteurizado de la cáscara-----	9
2.4. Filtrado-----	10
2.5. Extracción de la pectina -----	10
2.6. Filtración del extracto-----	10
2.7. Precipitación de la pectina-----	10
2.8. Secado-----	11
2.9. Triturado-----	11
2.10. Tamizado-----	11
2.11. Envasado-----	11
2.12. Diagrama de flujo para la extracción de la pectina-----	12
2.13. Análisis estadístico-----	13
2.14. Análisis del poder gelificante de la pectina-----	15
III. RESULTADOS-----	16
3.1. Diagrama para la extracción de pectina -----	16
3.2. Análisis de varianza -----	17
3.3. Análisis de los Efectos Simples-----	19
3.4. Prueba de comparación de medias-----	20
3.5. Poder gelificante de la pectina-----	20
3.6. Rendimiento de la pectina extraída-----	21
IV. DISCUSIÓN-----	22
V. CONCLUSIONES-----	25
VI. RECOMENDACIONES-----	26
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	27
VIII. ANEXOS-----	31

INDICE DE CUADROS

1.	Valor de las variables a evaluar con un experimento factorial bajo un arreglo en Diseño Completamente al Azar (DCA).-----	13
2.	Datos obtenidos en laboratorio en la extracción de la pectina.-----	17
3.	Análisis de Varianza para el modelo estadístico factorial DCA para la extracción en gramos de pectina.-----	17
4.	Cuadro ANVA de los efectos simples.-----	19
5.	Comparación de medias de tukey-----	20
6.	Rendimiento de la pectina extraída en un kilogramo de materia prima.---	21
7.	Niveles máximos de Pectina en Ingestión Diaria Admisible (IDA), según el CODEX ALIMENTARIUM. -----	39

INDICE DE FIGURAS

1.	Diagrama de flujo para la extracción de la pectina.-----	12
2.	Diagrama de operaciones para la extracción de pectina. -----	16
3.	Interacción del índice de madurez a un determinado pH en el rendimiento de pectina en gr.-----	18
4.	Interacción del pH a un determinado índice de madurez en el rendimiento de pectina en gr.-----	18

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó el índice de madurez y el pH asignado a cada tratamiento para la mejor obtención y caracterización de pectina a partir de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.), precedente del caserío el Valor Cruce Cayaltí, provincia de Utcubamba.

El flujo de trabajo seguido para la obtención de pectina fue: selección y clasificación de la materia prima, pasando por un lavado, picado para luego ser escaldado para inactivar a las enzimas polifenoloxidasas presentes en la cáscara y evitar la próspera oxidación de la materia prima, pasando por un filtrado y ser acondicionado con ácido cítrico a pH adecuado (2.5, 3.0 y 3.5), es licuado y puesto a temperatura de 80°C. x 90 minutos, una vez obtenido el tiempo se procedió a filtrar con tela de poliseda , eliminándose la cáscara licuada, el jugo obtenido del filtro es enfriado rápidamente para pasar al precipitado con alcohol de 96°, se separó la goma de pectina precipitada, es secado a 50°C. Hasta peso constante, una vez seco se procedió al triturado de la pectina pasando por unos tamices de 150 micras para homogenizar el polvo obtenido, en seguida es envasado en depósitos de plástico de color blanco para evitar la absorción de humedad. Obteniéndose mejores resultados con la cáscara de color verde amarillento y un pH de 2.5. En el análisis experimental se empleó 2 variables operacionales, índice de madurez y pH, obteniéndose seis tratamientos, además se empleó un experimento factorial en diseño completamente al azar (DCA) con 3 repeticiones por cada tratamiento, dando como resultado dieciocho unidades experimentales. Además se utilizó el análisis de varianza con un nivel de significancia de 5% y se llevaron comparaciones entre medias individuales de cada tratamiento por el método de tukey, obteniendo como resultado más eficiente al tratamiento A₁ b₁, con el 1.007% en rendimiento.

ABSTRACT

In this work evaluated the maturity index and the pH assigned to each treatment to better obtain and characterize the pectin from the cacao's Shell (*Theobroma cacao* L.), that comes from the village of Valor Cruce Cayalti Province of Utcunbamba.

The work flow followed to obtain the pectin was: selection and classification of the raw material, going through washing to eliminate non pure material, cutting to be pasteurized in order to make the poliodized enzymes inactive that are present in the shells to avoid the development of oxidation of the raw material, next comes the filtration and conditioning with citric acid to an appropriate pH (2.5, 3.0 and 3.5) which is blended to a temperature of 80 °C for 90 minutes. Once the time was obtained, we proceed to filter by using a poliseda fabric, eliminating the blended shell, then the juice obtained is refrigerated quickly to later pass it to a precipitate with a 96° alcohol, then we separate the precipitate pectin which is then dried at 50° C to a constant weight. Once dried, we proceeded to grind the pectin going through a few sieve of 150 micros to homogenize the obtained powder. Next it is put in white plastic containers to avoid humidity. Best results are obtained by using yellow- green shells and a pH of 2.5. For this experimental analysis, we used two operational variables, a maturity index and a pH, obtaining six treatments. In addition, we used a factorial experiment for design totally at random (DCA) with three repetitions for each treatment, giving a result of eighteen experimental units. Besides these, we used a variance analysis with a significance level of 5% and we made comparisons among individual mediums for each treatment by the tuckey method, obtaining as a result more efficiency the treatment Ab₁, with the 1.007% in weariness.

I. INTRODUCCIÓN

El futuro del país depende en gran parte del desarrollo de la agroindustria, pues posee una gran diversidad de recursos agrícolas. En la Región Amazonas destaca una variedad de productos, entre ellos se encuentra el cacao. Como subproducto para la industrialización del cacao se obtienen cantidades apreciables de cáscaras y semillas. La parte de comercialización de este fruto son las semillas obteniéndose una variedad de productos (cacao en grano, licor de cacao, manteca de cacao, pasta de cacao y cacao en polvo), desperdiciando la cáscara que cubre a las semillas.

Dentro de las líneas de procesamiento tradicional se tiene la posibilidad de emplear la cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) para la extracción de pectina el cual puede ser empleado como insumo en diferentes productos tales como mermeladas, jaleas, etc.; como también utilizado como fuente de fibra dietética.

Un rubro de creciente importancia a nivel nacional es la exportación de cacao. Hasta antes del 2001, las estadísticas nacionales generalmente registraban volúmenes exportados de manteca, licor y cocoa. Sin embargo, a partir de ese año se registra la exportación de grano de cacao principalmente a mercados europeos (Inter-nor, 2007).

Es conocido que la selva peruana presenta una gran diversidad genética y que el cacao es particularmente uno de los cultivos con mayor potencial que bien podrían aprovecharse con técnicas sencillas por parte de los productores. Este cultivo posee un valor incalculable por las diversas características que presenta en términos de sabor y

aroma y que debemos conservar a través de una selección e identificación de los mejores clones de cacao del país. Estas características son de vital importancia para la aplicación de un paquete tecnológico que dé respuestas a las reales necesidades de los cacaoteros permitiendo que el cultivo tradicional en un breve tiempo incremente la producción y productividad. En el cultivo de cacao que por lo general es conducido sin manejo técnico, las plantaciones existentes el material genético desconocido y sin garantías de producción, deben ser reemplazados con clones de alta producción, cuyos materiales genéticos deben ser seleccionados cuidadosamente de los semilleros o de los centros de producción. (MINAG, 2003)

En la provincia de Chachapoyas, el cacao es uno de los cultivos más importantes, con 69,25 Has. (12,9 %) distribuidas en 59 UA que representan el 9,9 % de unidades agropecuarias que tienen cultivo permanente (INEI, 1994).

La mermelada preparada con pectina de cacao resultó favorecida en la comparación con otras mermeladas en términos de sabor y aroma. Los resultados de este estudio demostraron que la pectina extraída de la vaina del cacao es útil para la producción de mermelada (Hamzat et. al., 2000).

Uno de los problemas de las industrias de bebidas y confitería del cacao en Nigeria es la eliminación de la cáscara de los granos de cacao (CBS), que constituye un desecho para las fábricas. Además de la pérdida del valor económico del desecho, se invierte una gran cantidad de capital para eliminarlo. En algunos casos, los desechos generan un riesgo medioambiental a través de su incineración indiscriminada y no

controlada. Se ha evaluado la CBS para su uso en la alimentación de gallinas ponedoras. El estudio indicó que podrían obtenerse resultados beneficiosos incluyendo un 5 % a 10 % de CBS en la ración de broilers en fase inicial y en fase final, así como en polluelos cockerel y cockerel en etapa final (Hamzat et. al., 2000).

La combinación del cacao con el cultivo del pez gato agregará valor a la producción de cacao a través de un ingreso adicional proveniente del uso de la cáscara de la vaina del cacao (un desecho de la plantación del cacao) para alimentar a los peces. Esta primera investigación apunta a evaluar el potencial de la cáscara de la vaina del cacao para sustituir al maíz como fuente de energía para el *C. gariepinus*. (Hamzat et. al., 2000).

La pectina, de la palabra griega “Pekos” (denso, espeso, coagulado), es una sustancia mucilaginoso de las plantas superiores. Esta sustancia se asocia con la celulosa y le otorga a la pared celular la habilidad de absorber grandes cantidades de agua. La celulosa tiene un importante rol en la estructura ya que le da rigidez a las células, mientras que la pectina contribuye a su textura. Durante mucho tiempo, el ama de casa ha utilizado la pectina contenida en las frutas “in situ” para “espesar jaleas”. Su extracción industrial se inició a principios del siglo XX (Cruz, 2001)

La pectina es eficaz contra venenos, en las intoxicaciones con metales pesados, además se usa en la formación de complejos que regulan la acción de la insulina, de la epinefrina, de la estreptomicina y otros fármacos. Gran variedad de cosméticos se preparan con pectinas, y en la preparación de medios de cultivo bacteriológicos se emplean varios

tipos de pectinas, como medio de identificación de ciertos microorganismos y como sustituyente de agar (FASEB, 2008).

Debido a que las pectinas son compuestos utilizados en alimentos, es necesario utilizar en su producción reactivos, disolventes y equipo que no dejen residuos tóxicos en el producto final; por esto es importante que el proceso de extracción cumpla estas necesidades, además de que las propiedades fisicoquímicas, como son pH, porcentaje de cenizas, grado de gelificación, etc. deben estar dentro del rango apropiado para que las cualidades de la pectina puedan ser aprovechadas (Guzmán, 1990).

La pectina juega un papel fundamental en el procesamiento de los alimentos como aditivo y como fuente de fibra dietética. Los geles de pectina son importantes para crear o modificar la textura de compotas, jaleas, confites y productos lácteos bajos en grasa. Es también utilizada como ingrediente en preparaciones farmacéuticas como antidiarréicos, desintoxicantes, entre otros. Además, ésta reduce la intolerancia a la glucosa en diabéticos e incluso bajan el nivel del colesterol sanguíneo y de la fracción lipoproteica de baja densidad (Guzmán, 1990).

El rendimiento máximo de pectina obtenido fue 18,45 % al usarse como extractante $H_3PO_4-(NaH_2PO_4)$; mientras que la pectina de mejor calidad fue extraída con HCl, con un contenido de ácido anhidrouónico y de metoxilo de 78 % y 9,9 %, respectivamente.(Addocio et. al., 2005).

La investigación ha demostrado que la pectina modificada puede matar o prevenir la extensión de las células del tumor en el tubo de prueba, Patrick ha explicado que la pectina puede ofrecer la protección del cáncer. Sus colegas en el instituto de la investigación alimentaria en Norwich encontraron que ciertos azúcares en pectina atan a galectin-3, una proteína en la superficie de las células del tumor que ayuda a las células para crecer y para separarse a través del cuerpo. Este atascamiento, alternadamente, puede permitir que la pectina inhiba galectin-3, y de tal modo retardar o aún invertir la extensión de células cancerosas. (FASEB, 2008)

La pectina cítrica modificada se usa más a menudo como un adyuvante para la terapia del cáncer para evitar la metástasis. La pectina cítrica modificada todavía se considera una terapia experimental para el cáncer y se debe usar como un adyuvante para la terapia estándar del cáncer bajo supervisión médica. Las pectinas, incluida la pectina cítrica modificada, también han sido investigadas por posibles beneficios cardiovasculares, entre los que se incluyen la disminución del colesterol y la reducción de la aterosclerosis. También se necesitan estudios clínicos en estas áreas. Algunos expertos advierten que la pectina cítrica y todas las pectinas cítricas "modificadas" no pueden tener los mismos efectos que la pectina cítrica modificada. La pectina cítrica no tiene las mismas cadenas cortas de polisacáridos que la pectina cítrica modificada y la pectina "modificada" podría indicar que la pectina ha sido alterada de alguna manera, pero no necesariamente tiene las cadenas más cortas de polisacáridos. (Jadad et al., 1996)

En su laboratorio en el centro de investigación complejo del carbohidrato de UGA, Mohnen y su equipo analizaban tres diversos tipos de pectina disponible en el

comercio y encontraron diferencias grandes en actividad anticáncer. Encontraron que el tratamiento bajo condiciones bajas suaves disminuyó las características anticáncer de la pectina mientras que el tratamiento térmico aumentó perceptiblemente la actividad anticáncer. (Glycobiology, 1996)

La pectina es una de las moléculas más complejas de la naturaleza y tiene el potencial para atar a varios sitios en las células y para sacar varias diversas respuestas celulares al mismo tiempo. Mohnen y su equipo están trabajando para identificar la estructura más pequeña dentro de la pectina que puede inducir apoptosis con el objetivo último de desarrollar los productos farmacéuticos o los alimentos con base en pectina con los subsidios por enfermedad realizadas.

La explotación comercial del cacao (*Theobroma cacao* L.) genera un volumen de cáscaras que pudiera utilizarse para la producción de pectinas a nivel industrial. Por tal razón, se extrajeron pectinas de la cáscara de cacao. Las pectinas de cáscaras de cacao presentan potencial aplicación en la industria de alimentos, pero es necesario optimizar los parámetros de extracción para aumentar su rendimiento (Barazarte et. al., 2008).

“se entiende por aditivo alimentario toda sustancia que no se consume normalmente , aunque tenga carácter alimenticio y que no sea usado habitualmente como ingrediente característico de un alimento; tenga o no tenga valor nutritivo se añade intencionadamente a un alimento con un fin tecnológico u organoléptico, en cualquier fase de la fabricación, de la transformación, del tratamiento, del acondicionamiento, del envasado, del transporte o del almacenamiento del referido alimento que pueda afectar o

afectar (directa o indirectamente) sin incorporación o la de sus derivados en el alimento o puede afectar de otra manera las características de dicho alimento, la expresión no se aplica ni a los contaminantes ni a las sustancias añadidas a los alimentos con el objeto de mantener o mejorar sus propiedades nutritivas” (CODEX ALIMENTARIUS, 1995).

Las polifenoloxidasas (PPOs) son enzimas (encontradas principalmente en plantas y hongos) que catalizan una reacción que transforma o-difenoles en o-quinonas. Las o-quinonas son muy reactivas y atacan a una gran variedad de componentes celulares, favoreciendo la formación de polímeros negro-marrón. Estos polímeros son los responsables del oscurecimiento de tejidos vegetales cuando se dañan físicamente. Esto se observa fácilmente en plátanos o papas, que tienen altos niveles de PPOs. Cuando la célula se encuentra sana e intacta, las PPOs y sus sustratos, los fenoles, se encuentran en compartimientos separados (cloroplastos y vacuolas, respectivamente). Sin embargo, cuando la célula se desorganiza al envejecer, o como resultado de daño físico o infeccioso, las enzimas y sustratos se juntan y sucede la reacción descrita. El oscurecimiento producido por estas enzimas causa grandes pérdidas a la industria agropecuaria. Por esto, el contenido de polifenoloxidasas, y su nivel de actividad son muy importantes para determinar la calidad de frutos y vegetales (Boyer, 2000)

La actividad de las enzimas polifenoloxidasas presentes en frutas y vegetales puede ser inhibida por calentamiento o por remoción de alguno de sus componentes necesarios: O_2 , enzima, Cu_2^+ o sustrato (Guerrero-Beltrán et al., 2005). Agentes reductores, antioxidantes e inhibidores enzimáticos previenen el pardeamiento reduciendo químicamente las ortoquinonas a difenoles coloreados, inhibiendo la actividad de la

enzima por disminución del pH, o quelando el Cu_2^+ en el alimento (Guerrero-Beltrán et al., 2005).

La cáscara de cacao Además de ser rico en magnesio, ácidos oleico y linoleico, vitaminas y pectinas, como también es rica en el alcaloide teobromina que le confiere sus virtudes más relevantes sobre la salud. La teobromina es diurética y antiinflamatoria, por lo que resulta un buen tratamiento complementario para paliar la retención de líquidos o edemas en el organismo (Fernández, 2005)

1.1. Clasificación taxonómica del cacao.

Según Mostacero, et al. 2002. Menciona a Adolph Engler, 1964. ubica al Cacao en la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	:	Plantae
Sub – reino	:	Fanerogamas
División	:	Angiospermae
Clase	:	Dicotyledoneae
Sub – clase	:	Archichlamydeae
Orden	:	Malvales
Familia	:	Sterculiaceae
Género	:	Theobroma
Especie	:	cacao
Nombre científico	:	<i>Theobroma cacao</i>

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Material biológico

Cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.), de la variedad criollo, proveniente de la provincia de Utcubamba, distrito de Bagua Grande, Caserío el Valor Cruce Cayaltí.

Siendo el indicador de madurez el color de la cáscara y el índice de madurez el color verde como también el amarillo.

2.2. Selección y clasificación

La selección de la materia prima se realizó cuidadosamente, teniendo en cuenta de que no presente ninguna lesión física en la superficie ya que debido a esto se iniciaría la reacción enzimática, obteniendo un producto muy oscuro y fueron utilizados aquellos que presenten color verde y amarillo entero, con la finalidad de comparar en cual estado de madurez del fruto hay mayor rendimiento de pectina con buenas características.

La cáscara del cacao fue separada de las semillas, la cual se sometió a un lavado para eliminar impurezas.

2.3. Picado y escaldado de la cáscara.

Se picó la cáscara en pequeños tamaños para facilitar el escaldado a 80 °C.; durante 15 minutos para inactivar a la enzima polifenoloxidasas presentes en la cáscara, el cual es causante del pardeamiento enzimático.

2.4. Filtrado.

Una vez escaldado, se filtró la cáscara del agua en un colador de cocina, para proceder a la extracción de la pectina

2.5. Extracción de la pectina

Se colocó la cáscara tanto verde como amarillo por separado en una solución de: agua - ácido cítrico hasta obtener un pH de 2.5, 3.0 y 3.5, el cual se licuó lo más fino posible y procedió a calentar a 80°C., durante un tiempo de 90 minutos.

Una vez efectuada la extracción se procedió a separar la cáscara del líquido.

2.6. Filtración del extracto

Para separar la pulpa del extracto se realizó el filtrado con tela poliseda blanco en forma manual, una vez obtenido el jugo péptido se precipitó la pectina.

2.7. Precipitación de la pectina

Esta precipitación se realizó agregando alcohol a 96° con una agitación constante por 5 min., se dejó reposar por 10 minutos para obtener el precipitado total de la pectina. Luego se filtró la pectina con tela de poliseda para llevar a secarlo.

2.8. Secado

El secado se realizó en una estufa a 50 °C hasta peso constante.

2.9. Triturado

Se trituró con la ayuda de un mortero, repitiendo la operación en varias oportunidades para obtener una pectina lo más fina posible.

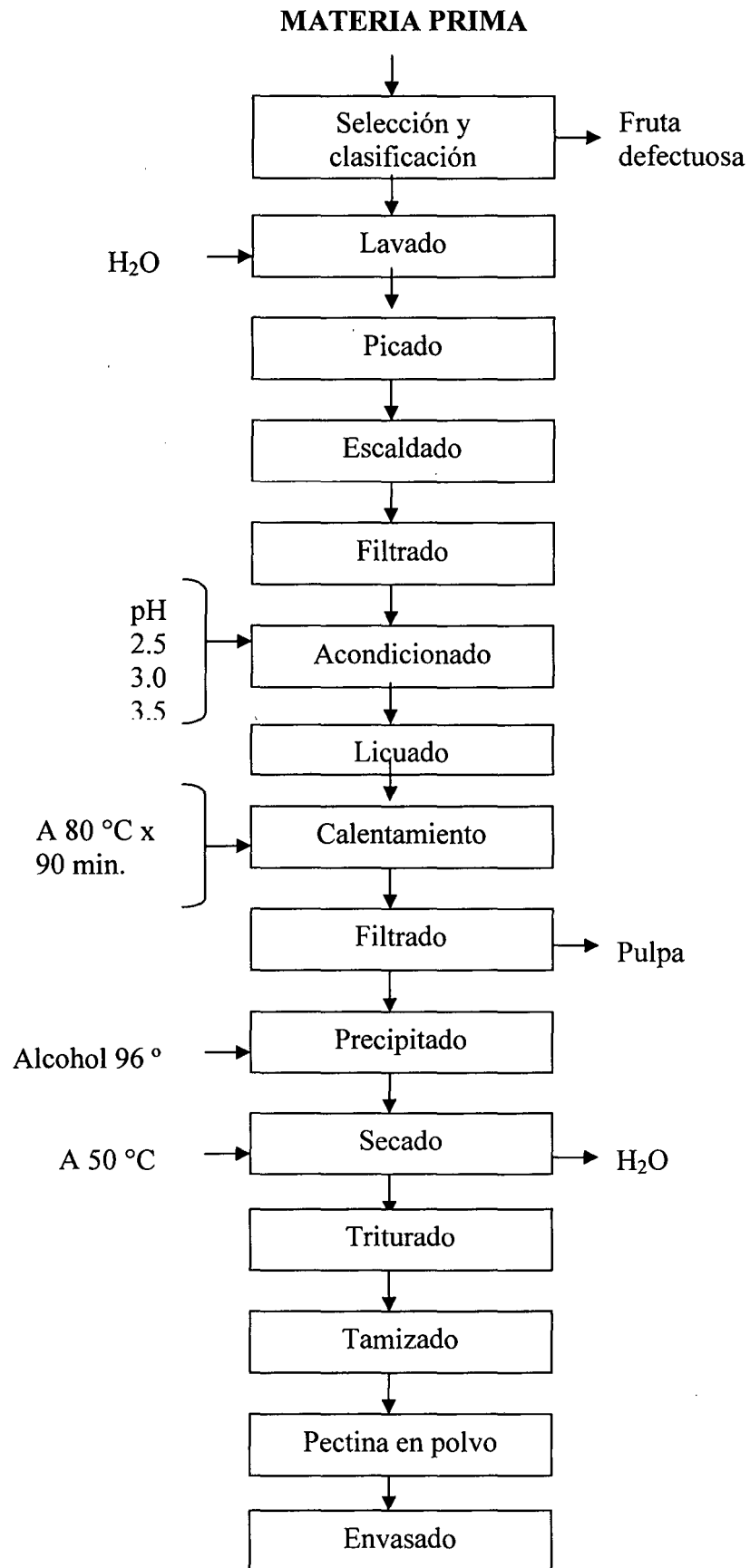
2.10. Tamizado.

Una vez triturado la pectina se pasó por un tamiz de 150 micras para obtener una harina homogénea y de igual forma que la comercial.

2.11. Envasado.

La pectina fue envasada en envases plásticos de color blanco de 100 gr., de capacidad.

Figura 01: diagrama de flujo para la extracción de la pectina.



CUADRO N° 01: Valor de las variables a evaluar con un experimento factorial bajo un arreglo en Diseño Completamente al Azar (DCA).

Repet.	A ₁			A ₂		
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₁	B ₂	B ₃
1	2.5	3.0	3.5	2.5	3.0	3.5
2	2.5	3.0	3.5	2.5	3.0	3.5
3	2.5	3.0	3.5	2.5	3.0	3.5

Fuente: Elaboración Propia.

2.12. Análisis estadístico

Se realizaron pruebas estadísticas para verificar una hipótesis con respecto a un parámetro poblacional. En este caso la hipótesis fue demostrada que el índice de madurez del cacao y el pH aplicado influye en el rendimiento para la extracción de la pectina, utilizando las pruebas de comparación de medias de tukey. Todos los cálculos fueron utilizados con un nivel de confianza de 95%.

Modelo estadístico e hipótesis de interés

El modelo estadístico de efectos para el diseño factorial 2A X 3B está dado por:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : es el grado de gelificación y rendimiento de la pectina extraída de la cáscara de cacao en el i-ésimo índice de madurez, j-ésimo pH en la k-ésima repetición.

μ : es el efecto de la media general.

α_i : es el efecto del i-ésimo índice de madurez.

β_j : es el efecto del j-ésimo pH.

$(\alpha\beta)_{ij}$: es el efecto de la interacción en el i-ésimo índice de madurez y j-ésimo pH.

ε_{ijk} : es el efecto del error experimental.

$P = 2$, número de niveles del factor A (Índice de madurez)

$q = 3$, número de niveles del factor B (pH)

$r = 3$, número de repeticiones

La hipótesis de interés para los factores en el modelo anterior son las siguientes:

Para los tratamientos de los índices de madurez:

$$H_0: A_1 = A_2 = 0$$

$$H_A: \text{Al menos un } A_i \neq 0$$

Para los tratamientos del pH asignado:

$$H_0: B_1 = B_2 = B_3 = 0$$

$$H_A: \text{Al menos un } B_i \neq 0$$

Para la interacción de AB

$$H_0: (AB)_{ij} = 0 \text{ para toda } i, j$$

$$H_A: \text{Al menos un } (AB)_{ij} \neq 0$$

El ANVA para los efectos A, B y AB sin desglosar se obtuvieron teniendo en cuenta que el factor A tiene dos niveles y el factor B tiene tres niveles,

por lo que las correspondientes suma de cuadrados tienen 1,2 y 2 grados de libertad correspondientes.

Comparación de medias

Prueba de tukey

$$\text{Prueba estadística: } T = q_{\alpha, (r, gl, \varepsilon)} \sqrt{\frac{CME}{pr}}$$

Regla de decisión: si $|T_i - T_j| \leq ALS_T$, Entonces ACEPTAR la H_0

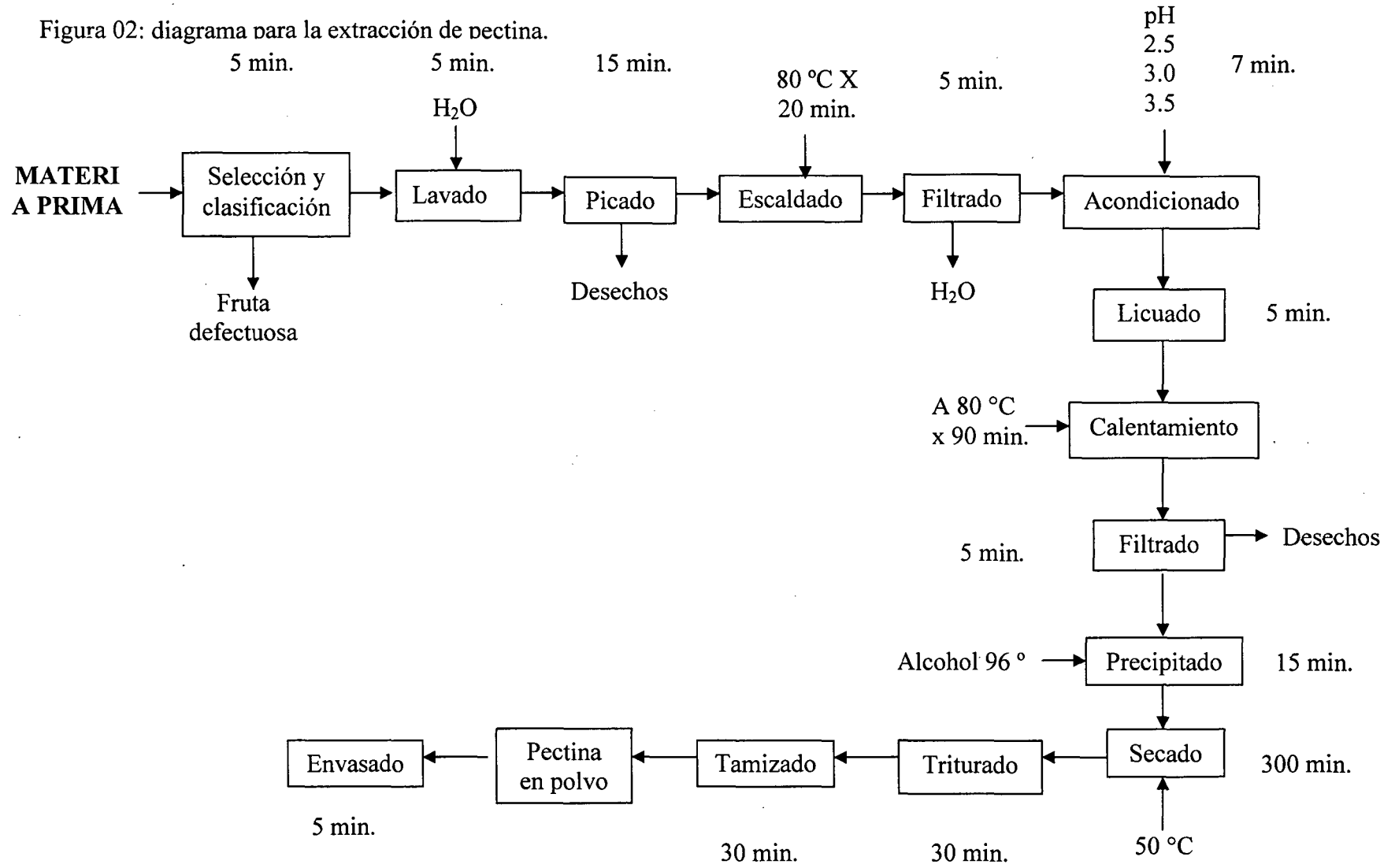
si $|T_i - T_j| \geq ALS_T$, Entonces RECHAZAR la H_A

2.13. Análisis del poder gelificante de la pectina

En 100 ml. De agua con 50% de azúcar, se procedió a calentar a fuego lento hasta su ebullición, se agregó ácido cítrico, luego el 50% de azúcar restante mezclado con la pectina (para 100 g de azúcar, 1.5g de pectina), se concentró hasta obtener 65° Brix a un pH de 3.5 resultando una consistencia muy buena a esa proporción.

III. RESULTADOS

Figura 02: diagrama para la extracción de pectina.



De los resultados mostrados en el cuadro 2, los valores que mostraron mayor extracción de pectina fueron el tratamiento A₁B₁ y en especial de la primera fila.

Cuadro N° 02: Datos obtenidos de laboratorio en la extracción de la pectina (gr), para un kg de cáscara.

	A ₁			A ₂		
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₁	B ₂	B ₃
1	11	5.3	4.62	3.57	2.2	1.56
2	9.8	4.02	3.76	3.2	2.02	1.39
3	9.4	4.8	3.89	2.9	2.5	1.48
Σ	30.2	14.12	12.27	9.67	6.72	4.43
Σ	56.59			20.82		

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza.

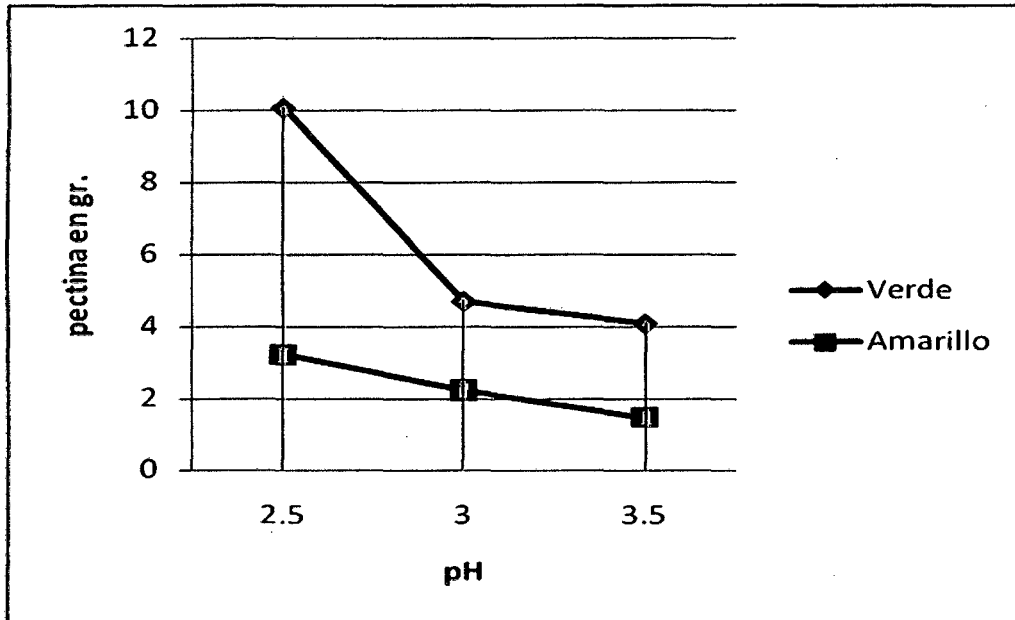
Para el análisis de varianza se calculó la suma de cuadrados obteniendo los valores totales por nivel de cada factor y en combinación de niveles, la cual se obtuvo los siguientes datos:

Cuadro N° 03: Análisis de Varianza para el modelo estadístico factorial DCA para la extracción en gramos de pectina.

F de V	Gl.	SC	CM	F _C	F _{Tabla}	Sig.
A	1	71.084	71.084	283.88	4.75	*
B	2	50.896	25.448	101.62	3.89	*
AB	2	18.534	9.267	37.0	3.89	*
Error Exp.	12	3.0059	0.2504			
TOTAL	17	143.5199				

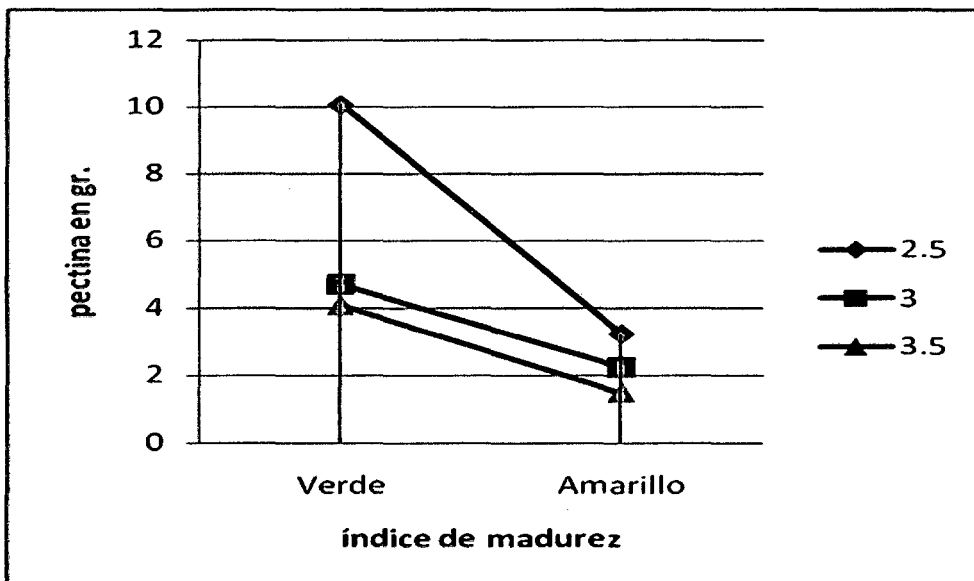
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 03: Interacción del índice de madurez a un determinado pH en el rendimiento de pectina en gr



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 04: Interacción del pH a un determinado índice de madurez en el rendimiento de pectina en gr



Fuente: Elaboración propia.

Conclusión:

Para la interacción el estadístico de prueba es $F_C = 37.0$ y el valor de tabla, con un nivel de significancia de 5% es $F_{(0.95,2,12)} = 3.89$, dado que el estadístico de prueba resulta mayor que el valor de tabla se rechaza H_0 y se concluye que hay suficiente evidencia estadística para aceptar la existencia de interacción entre el índice de madurez y pH, por lo tanto, será necesario analizar los efectos simples de los factores, en vez de sus factores principales.

Análisis de los Efectos Simples.**Cuadro N°04:** Cuadro ANVA de los efectos simples.

F de V	GL	SC	CM	F_C	F_{Tabla}
Ab ₁	1	70.247	70.247	280.54	4.75
Ab ₂	1	9.127	9.127	36.45	4.75
Ab ₃	1	10.244	10.244	40.91	4.75
Ba ₁	2	64.831	32.4155	129.45	3.89
Ba ₂	2	4.6004	2.3002	9.19	3.89
Error exp.	12	3.0059	0.2504		
Total	17	162.0553			

Fuente: elaboración propia.

Conclusión:

- ✓ Existe suficiente evidencia estadística para aceptar que con los dos índices de madurez se obtienen resultados diferentes en el rendimiento de pectina cuando se aplica algún pH.
- ✓ Existe suficiente evidencia estadística para aceptar que con al menos un pH, se obtienen resultados diferentes en el rendimiento de pectina, tanto como en el índice de madurez verde como amarillo.

Prueba de comparación de medias.

$$H_0 = \mu_{11} = \mu_{12}$$

$$H_A = \mu_{11} \neq \mu_{12}$$

$$H_0 = \mu_{12} = \mu_{11}$$

$$H_A = \mu_{12} \neq \mu_{11}$$

El valor de tabla $\alpha = 0.05\%$ $p=2$ y 12 grados de libertad, error experimental es

$$AES(T)=3.08$$

$$ALS(T) = 3.08 \sqrt{\frac{0.2504}{3}} = 0.447$$

Cuadro N°05: comparación de medias de tukey

Niveles de B en a ₁	Y _{1j.} - Y _{1j.}	Sig.	ALS(T)	Significancia
1 y 2	5.36	>	0.47	*
1 y 3	5.977	>	0.47	*
2 y 3	0.617	>	0.47	*
Niveles de B en a₂				*
1 y 2	0.983	>	0.47	*
1 y 3	1.746	>	0.47	*
2 y 3	0.763	>	0.47	*
Niveles de A en b₁				*
Niveles de A en b₂				*
Niveles de A en b₃				*

Fuente: elaboración propia.

Conclusión final:

Existe suficiente evidencia estadística para aceptar que los dos tratamientos aplicados son independientes entre sí.

Poder gelificante de la pectina

Se obtuvo una pectina con muy buenas características, llegando a formar un gel de la misma forma obtenida con una pectina comercial, de buen olor y presencia.

Rendimiento de la pectina extraída.

Cuadro N° 06: rendimiento de la pectina extraída en un kilogramo de materia prima.

TRATAMIENTOS	PECTINA (gr.)	PECTINA %
A ₁ b ₁	10.07	1.007
A ₁ b ₂	4.707	0.4707
A ₁ b ₃	4.09	0.409
A ₂ b ₁	3.22	0.322
A ₂ b ₂	2.24	0.224
A ₂ b ₃	1.477	0.1477

Fuente: elaboración propia.

IV. DISCUSIÓN

En la presente investigación se trabajó con ácido cítrico para extraer la pectina y alcohol de 96° para el precipitado del mismo, en la cáscara de color verde a pH 2.5 presenta un mejor resultado y mayor rendimiento con el 1.007 % que en la cáscara de color amarillo dando como resultado el 0.322 %.

Según Páez en su tesis “Extracción y Caracterización de Pectina de la Corteza de Parchita” dice que: el rendimiento máximo de pectina obtenido fue 18.45% al usarse como extractante $H_3PO_4-(NaH_2PO_4)$; mientras que la pectina de mejor calidad fue extraída con HCL, con un contenido de ácido anhidrouónico y de metoxilo de 78% y 9.9%, respectivamente. En esta investigación solo fue utilizado ácido cítrico por ser de fácil obtención ya que al ser utilizado otra sustancia no era fácil la obtención en gran volumen dificultando así la investigación y en comparación a lo extraído por otras tesis con frutas cítricas, la cascara de cacao presenta bajo rendimiento.

Según Calvo en su libro “Bioquímica y Valor Nutritivo de los Alimentos”, nos dice: en el campo de los alimentos el pardeamiento enzimático puede ser un problema muy serio, al producir alteraciones en el color que reduce el valor comercial de los productos, o incluso los hace inaceptable para el consumidor. En algún caso como en las pasas, otras frutas secas, la sidra, el té o el cacao, el pardeamiento enzimático contribuye al color de los colores característicos de estos productos, aunque como se ha indicado, en otros muchos constituyen un problema grave. En este trabajo se utilizó cáscara de cacao el cual tiene gran concentración de polifenoloxidasas en los tejidos siendo la responsable del

oscurecimiento de la cáscara, reduciendo así el valor comercial de esta pectina, quedando el producto final de color marrón claro, su uso es recomendable en productos con colores oscuros, tales como mermeladas de fresa o confiterías a base de chocolate, entre otros ya que en otros productos afectaría en la presentación del mismo. Para evitar el oscurecimiento de la cáscara se realizó un tratamiento térmico a temperatura de 80°C x 15 minutos antes del proceso, ayudando a que la pectina extraída tenga un color más claro que sin el tratamiento térmico.

Según Fernández en su publicación “Cáscara de Cacao, Fuente de Magnesio” nos dice: la cáscara de cacao es rico en magnesio, ácidos: oleico y linoleico, vitaminas y pectinas, además es buena en el alcaloide teobromina que le confiere sus virtudes más relevantes sobre la salud. La teobromina es complementaria para apaliar la retención de líquidos. En esta investigación al trabajar con cáscara de cacao, el líquido péptico extraído a pH de 3.5, se vuelve muy denso dificultando el trabajo, generando así la adición de más agua y alcohol que lo trabajado con los otros tratamientos (1 kg de cáscara = 3.0 L H₂O y 500mL H₂O = 500mL de alcohol) para la precipitación de este, por su alto contenido de teobromina, elevando de esta manera los costos de producción de la pectina.

El secado se realizó a una temperatura de 50°C, inferior a la temperatura máxima de trabajo que es de 60°C para reducir el oscurecimiento de la pectina en el proceso de secado por su alto contenido de compuestos fenólicos, y obtener un producto muy aceptable, ya que por sus características del fruto, la pectina obtenida es de un color opaco a comparación de la pectina de cítricos.

El rendimiento promedio del proceso de producción de pectina de cáscara de cacao fue inferior al de las fuentes comerciales (1g/100g) y en muestras de cítricos, el posible uso de la cáscara de cacao como fuente de pectina puede justificarse por la enorme cantidad de desechos que se generan de la explotación de cacao más que por su rendimiento. Francis y Bell describen la cáscara del cacao como materia prima de bajo costo y justifica la extracción de pectinas por razones económicas más que técnicas, ya que las cáscaras frescas requieren ser procesadas rápidamente una vez que se abre el fruto para evitar daños que afecten a la pectina.

V. CONCLUSIONES

- Al trabajar con cáscara de cacao se debe de hacer a pH inferiores de 3.5 ya que la cáscara de cacao tiende a hacerse muy viscoso con poca acidez generando mayores gastos económicos y mayor tiempo de extracción.
- Se ha extraído pectina a partir de la cáscara de cacao, con resultados satisfactorios en la evaluación.
- La pectina obtenida de cáscara de cacao con mejores características y rendimiento fue de cáscara verde y a un pH de 2.5.
- La pectina obtenida de cáscara de cacao presenta un color marrón claro debido al pardeamiento enzimático causado por la polifenoloxidasas presente.
- La pectina extraída de la cáscara de cacao con mayor rendimiento fue de 1.007 % en cáscara verde a un pH de 2.5, el rendimiento es bajo a comparación de otros productos utilizados como los cítricos.
- La prueba de análisis obtenida con la pectina resultó un poco opaca, debido al color que presentó la pectina por las enzimas polifenoloxidasas presentes en la cáscara de cacao.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar trabajos de investigación concernientes a la cáscara como la melaza de cacao ya que estos son eliminados sin ningún proceso e investigación alguna.
- Se debe de trabajar con mas reactivos para la extracción de pectina y comparar con cual hay una mejor extracción, pero también que no afecten la salud de los consumidores.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INEI - III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO, 1994.

Milton. (2000). Aditivos y Auxiliares de Fabricación en las Industrias Agroalimentarias. 2^{da} edición. Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza – España. 806 pp.

Hughes, Christopher C. (1994). Guía de Aditivos. Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza – España.

Humberto Barazarte, Elba Sangronis, Emaldi Unai. (2008). “La cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.): una posible fuente comercial de pectinas”. Trabajos de Investigación. Extraído el 20 de Noviembre del 2008 desde http://www.alanrevista.org/ediciones/2008-1/cascara_cacao_posible_comercial_pectinas.asp

Camejo de Aparicio, Alexis Ferrer, Betzabé de Ferrer, Jorge Peña, Milagros Cedeño. (1996). Tesis “Extracción y caracterización de pectina en limones injertados de la región Zuliana”. Venezuela.

Cáceres Zapata, Dora. (1995). Tesis “Obtención de pectina líquida a partir de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*)”. Universidad de Costa Rica.

Chávez, M. (2008) Extracción y caracterización de pectina a partir de cáscara de *Citrus aurantium* L. “naranja” de la Provincia de Rodríguez de Mendoza. Trabajo de Investigación. Departamento de Ciencias Básicas. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Espina EJ, Moreno MA.(2002). Factibilidad de producción de pectinas a partir del mucílago del cacao. [Trabajo especial de Grado para optar al título de Ingeniero Químico]. Barquisimeto, Venezuela: UNEXPO. Universidad Experimental Politécnica.

Monsoor MA, Proctor A.(2001). Preparation and functional properties of soy hull pectin. J Am Oil Chem Soc; 78(7):709-713.

Corona M, Díaz A, Páez G, Ferrer JR, Mármol Z, Ramones E.(1996). Extracción y caracterización de pectina de la corteza de parchita. Rev Fac Agron (LUZ); 13: 785-791.

Mostacero, L; M. Freddy; O. Gamarra. (2002). Taxonomía de las Fanerógamas útiles en el Perú Edit. Normas legales S.A.C. Vol. I y II Trujillo – Perú.

Hamzat, F. E. Olaifa y T. A. Adeboyo. (2005). tesis “Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener)”. Venezuela

Montgomery, D.(2002). Diseños y Análisis Experimentales. Editorial Iberoamericana. Segunda Edición. México. 687pp.

Inter-nor junta interregional del noreste y oriente. (2007). Extraído el 20 de noviembre de 2008 desde: http://www.internor.org.pe/plantillas/interna_soltegin_0.

Ministerio de agricultura. (2004). “manual del cultivo de cacao”. Extraído el 9 de diciembre del 2008 desde <http://www.devida.gob.pe/Documentacion/documentosdisponibles/Maual%20Cacao.pdf> p 67. 83.

Diario de FACEB. (2 de octubre de 2008). Artículo científico: “Un carbohidrato complejo llamado pectina puede ayudar a explicar porqué las dietas ricas en frutas y verdura pueden bajar riesgo de cáncer, según científicos”. Pag 6. Extraído el 19 de enero del 2009 desde: <http://www.iconocast.com/S00024/K3/News1.htm>.

Jadad AR, Moore RA, Carroll D, Jenkinson C, Reynolds DJ, Gavaghan DJ. (1996). Artículo científico: “Controlled Clinical Trials”. Extraído el 19 de enero del 2009 desde: <http://www.naturalstandard.com/index-abstract.asp?Createabstract=/monographs/foreignlanguage/herbssupplements/patient-modifiedcitruspectin-sp.asp>

Eyzaguirre, Raúl.(2006). Métodos estadísticos para la Investigación I. Primera edición. Editorial la Molina. Lima. 145pp.

Diario Glycobiology. (1996). Artículo científico: “Una nueva universidad del estudio de Georgia encuentra que la pectina, un tipo de fibra encontrado en frutas y verdura y usado en la fabricación de los atascos y de otros alimentos, células cancerosas de la próstata de las matanzas.”. Extraído en enero del 2009 desde: <http://www.iconocast.com/6AB/A6EB8/News>

Maracay. (1995). Revista de la Facultad de Agronomía. Extraída el 25 de abril del 2009 desde : http://www.redpav.avepagro.org.ve/fagro/v16_02/1602m010.html. 16:65-86.

Boyer, R.F.(2000). "Modern Experimental Biochemistry". 3rd Edition. Pearson Benjamin Cummings. USA.

David S Robinson, Miguel Calvo Rebollar, Emilia Sevillano Calvo.(1991). BIOQUIMICA Y VALOR NUTRITIVO DE LOS ALIMENTOS. 1^{ra} edición. Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza – España.

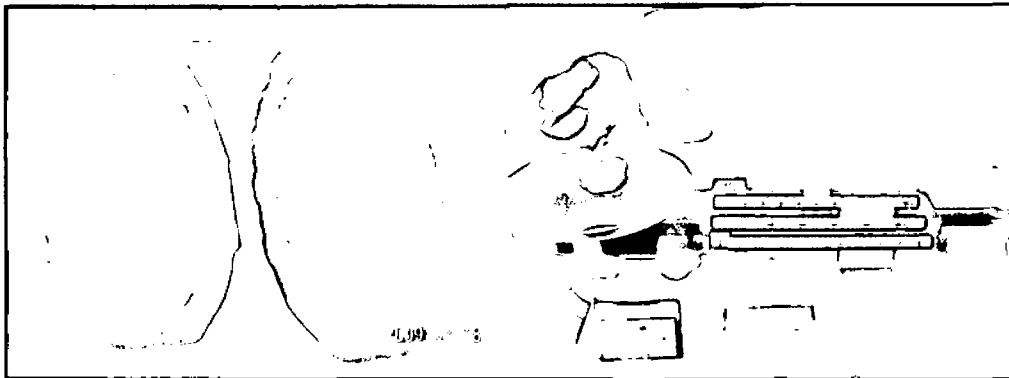
Ana Fernández.(2005). Cáscara de Cacao, Fuente de Magnesio. Extraída el 30 de abril del 2009 desde: <http://www.cuerpomente.es/aliado.jsp?>.

A **ANEXOS** S

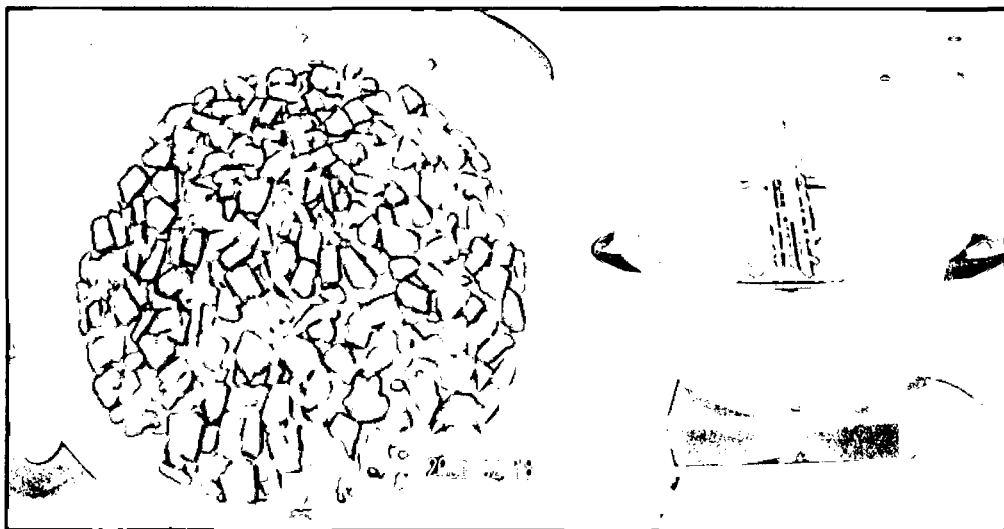
ANEXO 1



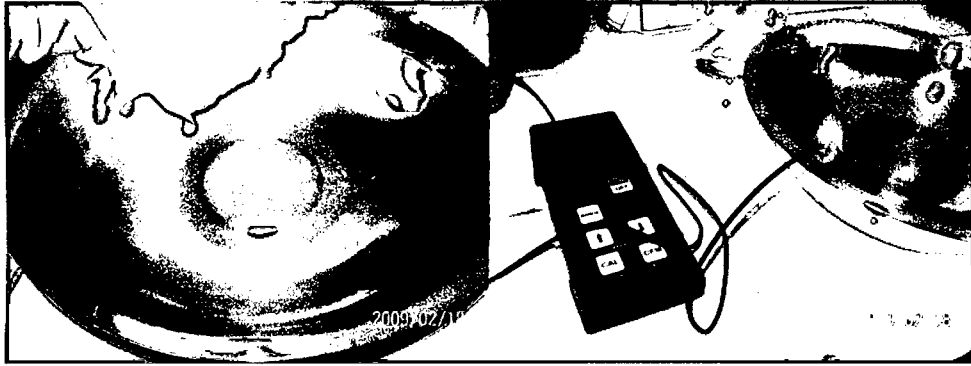
Fotografía 1: Selección y clasificación de la materia prima.



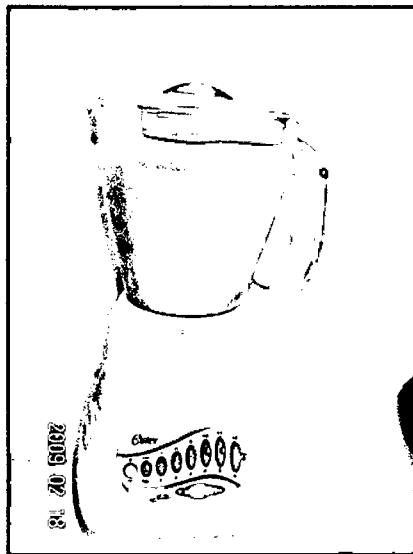
Fotografía 2: corte, acondicionado y pesado de la cáscara.



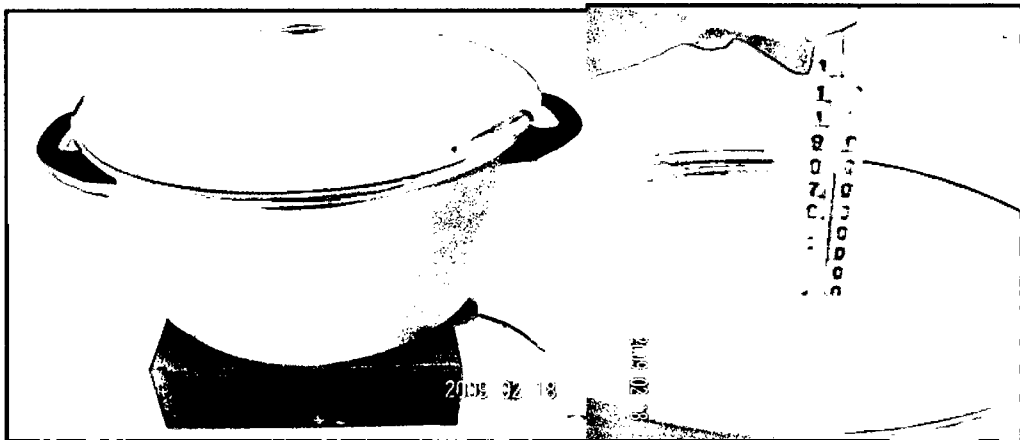
Fotografía 3: cortado y escaldado de la cáscara.



Fotografía 4: acondicionamiento del pH para la extracción de la pectina.



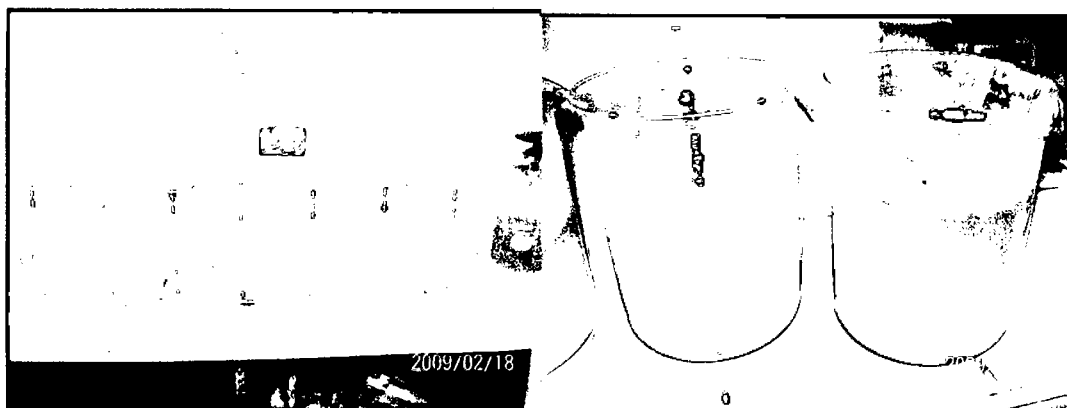
Fotografía 5: licuado de la cáscara pasteurizada en agua acidulada a pH adecuados.



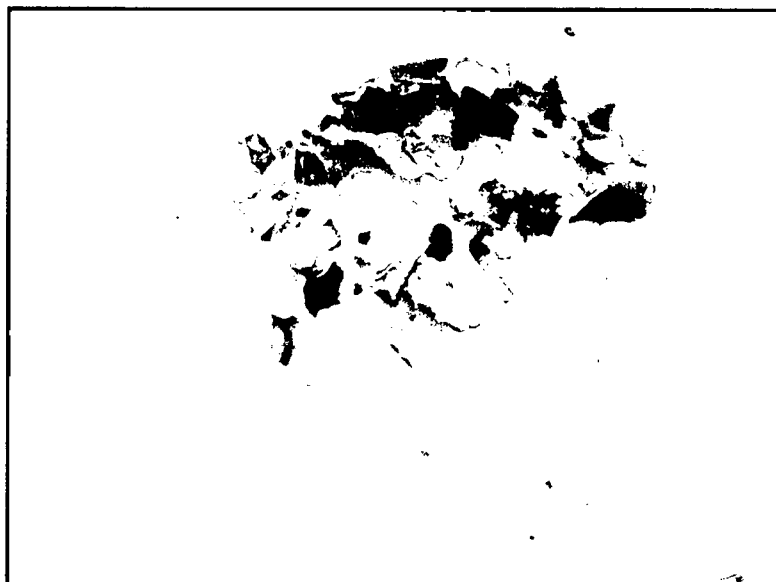
Fotografía 6: calentamiento del licuado a 80 °C x 90 min. Para extraer la pectina.



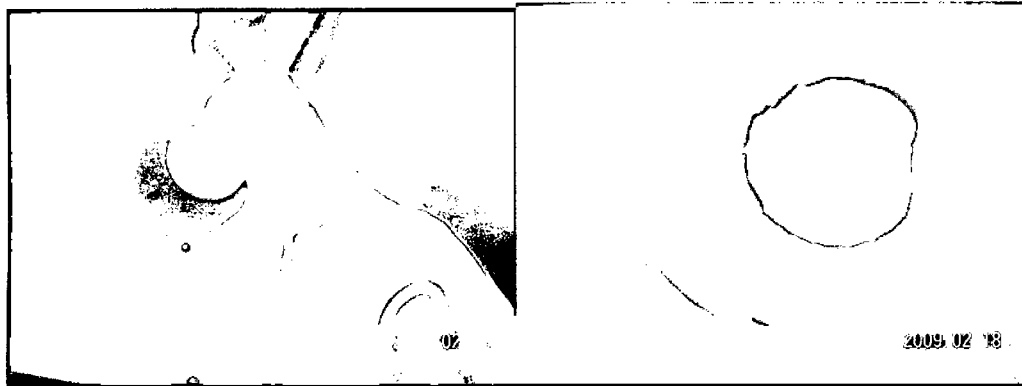
Fotografía 7: filtrado del líquido péptico para su posterior precipitado.



Fotografía 8: precipitado de la pectina con alcohol de 96° y reposo por 5 min.



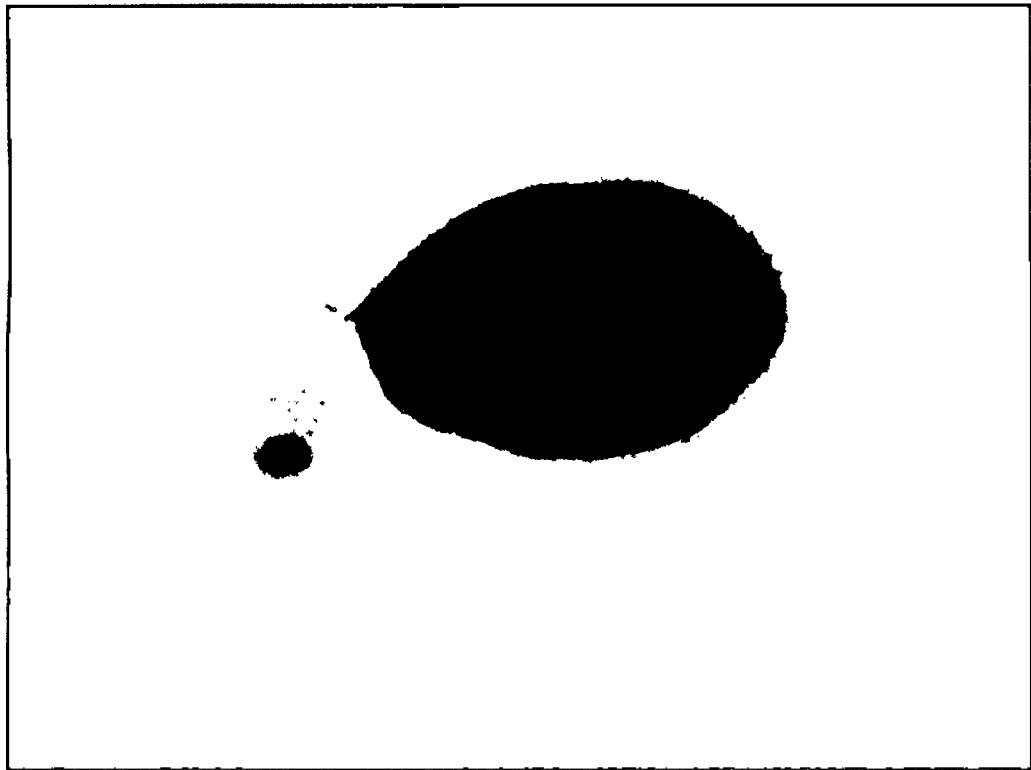
Fotografía 9: pectina seca en estufa a 50 °C .



Fotografía 10: pulverizado de la pectina para ser pasado por el tamiz.



Fotografía 11: tamizado de la pectina en malla de 150 micras de grosor.



Fotografía 12: pectina final.



Fotografía 13: prueba realizada a la pectina en mermelada para verificar su poder gelificante.

ANEXO 2

1. Determinación de suma de cuadrados.

$$Y_{\text{Prom.}} = 4.30$$

$$SC(\text{Total}) = 476.4259 - 332.906$$

$$= 143.5199$$

$$SC_{\text{Comb}}(AB) = 473.42 - 332.906$$

$$= 140.514$$

$$SC(A) = 403.99 - 332.906$$

$$= 71.084$$

$$SC(B) = 383.802 - 332.906$$

$$= 50.896$$

$$SC(AB) = 140.514 - 71.084 - 50.896$$

$$= 18.534$$

$$SC(\text{Error}) = 143.5199 - 140.514$$

$$= 3.0059$$

2. Coeficiente de variación.

$$CV = \frac{\sqrt{CME}}{Y} = \frac{\sqrt{459.9073}}{4.30} = 4.99$$

3. Determinación de suma de cuadrados de efectos simples.

a. A en el j esimo nivel del factor B

$$\begin{aligned}SC(Ab_1) &= 335.183 - 264.936 \\ &= 70.247\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}SC(Ab_2) &= 81.511 - 72.384 \\ &= 9.127\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}SC(Ab_3) &= 56.726 - 46.482 \\ &= 10.244\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}SC(Ba_1) &= 420.656 - 355.825 \\ &= 64.831\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}SC(Ba_2) &= 52.764 - 48.1636 \\ &= 4.6004\end{aligned}$$

4. Evaluación de la pectina.

100gr de azúcar ----- 1.5 gr de pectina

65gr de azúcar ----- 0.975 gr de pectina

Cantidades de insumos utilizados en la evaluación de la pectina.

Agua = 100 ml.

Azúcar = 65 gr.

Pectina = 0.975 gr.

Ac. Cítrico = 0.35 gr.

ANEXO 3

Cuadro 07: Niveles máximos de Pectina en Ingestión Diaria Admisible (IDA), según el
CODEX ALIMENTARIUM.

N° SIN	NOMBRE DEL ADITIVO ALIMENTARIO	NIVEL MÁXIMO (IDA) (exp. mg/kg)
440	Pectinas	Máx. 0.80% para mermeladas Máx. 0.70% para Jaleas

Fuente: CODEX.