

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

“Evaluación del tiempo y temperatura de blanqueo previo a la extracción de pectina y su aceptabilidad en jarabe del exudado de cacao (*Theobroma cacao L.*)”

Autores:

Laura Alexandra Brito Torres

Crisly Micaela Ruíz Curay

Tutor del Proyecto:

Ing. Julia Marianela Escobar Arcos. MSc

Puyo – Ecuador

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Los criterios emitidos en el proyecto de investigación: **“Evaluación del tiempo y temperatura de blanqueo previo a la extracción de pectina y su aceptabilidad en jarabe del exudado de cacao (*Theobroma cacao L.*)”**, así como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y recomendaciones son de exclusiva responsabilidad de nuestra persona, como autoras de este trabajo de grado.

Autoras



Laura Alexandra Brito Torres

C.I. 1722296520



Crisly Micaela Ruiz Curay

C.I. 2200340152

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Por medio del presente, Julia Marianela Escobar Arcos con CI:180354666-0 certifico que Laura Alexandra Brito Torres y Crisly Micaela Ruiz Curay egresadas de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Estatal Amazónica, realizaron el Proyecto de investigación titulado: **“Evaluación del tiempo y temperatura de blanqueo previo a la extracción de pectina y su aceptabilidad en jarabe del exudado de cacao (*Theobroma cacao L.*)”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial bajo nuestra supervisión.



Ing. Julia Marianela Escobar Arcos. MSC.



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND



Oficio No. 69-SAU-UEA-2020

Puyo, 28 de enero de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a las egresadas BRITO TORRES LAURA ALEXANDRA con C.I. 1722296520; y RUIZ CURAY CRISLY MICAELA con C.I. 2200340152, con el Tema: “Evaluación del tiempo y la temperatura de blanqueo previo a la extracción de pectina y su aceptabilidad en jarabe del exudado de cacao (*Theobroma cacao L.*)”, de la carrera, Ingeniería Agroindustrial. Directora del proyecto MSc. Escobar Arcos Julia Marianela, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 2%, Informe generado con fecha 27 de enero de 2020 por parte de la directora, conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco MSc.

ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .



Urkund Analysis Result

Analysed Document: PECTINA final.docx (D63066075)
Submitted: 1/27/2020 9:24:00 PM
Submitted By: \${Xml.Encode(Model.Document.Submitter.Email)}
Significance: 2 %

Sources included in the report:

Tesis de Gissela Vera González Evaluación de la influencia de pH para la extracción de pectina de cáscara de pitahaya URKUND.docx (D62947585)
DOCUMENTO TESIS ACTUALIZADO 30 DE MAYO.docx (D53246168)
https://www.researchgate.net/publication/331828757_Aprovechamiento_de_la_cascara_de_gulupa_como_fuente_de_pectina_para_la_industria_alimentaria
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6583454.pdf>

Instances where selected sources appear:

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación de proyecto de investigación aprueba el proyecto de investigación titulado: **“Evaluación del tiempo y temperatura de blanqueo previo a la extracción de pectina y su aceptabilidad en jarabe del exudado de cacao (*Theobroma cacao L.*)”**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Edwin Basantes', written over a horizontal line.

BQ. Edwin Basantes. MSc

Presidente del tribunal

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Lucia Garcia', written over a horizontal line.

Ing. Lucia García. MSc

Miembro del Tribunal

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Santiago Aguiar', written over a horizontal line.

Ing. Santiago Aguiar. MSc

Miembro del Tribunal

AGRADECIMIENTO

A dios por permitirme vivir e iluminar mi camino en todo momento.

A mis padres Carlos Brito y Deysi Torres mi gratitud eterna por creer, confiar en mí y apoyarme para poder cumplir con mis sueños.

De la misma forma quiero agradecer a mi tía Laura Brito por ser mi guía durante toda mi vida, a mi familia que, con su ayuda económica y moral me han sido de mucha importancia porque han contribuido positivamente en mi formación profesional

A la ingeniera Marianela Escobar por su tiempo y valiosa orientación en la ejecución del presente trabajo de investigación

A los ingenieros Víctor González y Andrea Tapuy por disponer todas las facilidades de los laboratorios y compartir sus conocimientos durante el desarrollo del presente trabajo de investigación

A mi querida Universidad Estatal Amazónica y a los docentes por haber impartido todos sus conocimientos y sabiduría para nuestra formación profesional.

A mi amiga y compañera Micaela Ruiz con quien compartí momentos de alegría, preocupación y estrés en la realización de la investigación, pero con mucha constancia y dedicación culminamos con nuestro proyecto.

A mis estimados compañeros por su compañía y consejos durante nuestra vida universitaria siempre ocuparán un lugar especial en mi corazón.

Laura Alexandra Brito Torres

AGRADECIMIENTO

Expreso mi gratitud a Dios por bendecir mis acciones que me han permitido alcanzar mis metas, Mi más sincero agradecimiento a quienes forman las autoridades y docentes de la Universidad Estatal Amazónica, Ing. Marianela Escobar tutora del proyecto quien ha sido parte del proceso educativo para mi formación profesional.

De igual manera quiero utilizar un espacio para agradecer infinitamente a mis padres y hermanos que me han apoyado firmemente en el logro de mis anhelos, a mis tíos y familia que siempre han confiado en mí y han anhelado tanto como yo que alcance mis sueños.

Crisly Micaela Ruiz Curay

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a Dios por ser el creador de todas las cosas que puedo contemplar y disfrutar, y por las bendiciones recibidas,

Con todo el amor del mundo al pilar fundamental de mi existencia mis queridos padres Carlos Brito y Deysi Torres por haberme permitido nacer, por brindarme su apoyo condicional y amor infinito, por enseñarme que con esfuerzo, constancia y sacrificio todas las metas que me proponga serán posibles alcanzarlas.

A mi tía Laura Brito quien ha sido mi compañera, amiga, la mujer que visto crecer y me ha educado para ser una mujer de bien, y por haberme motivado constantemente durante todo el trayecto de mi etapa universitaria.

A mis tíos Rosario Brito y Luis Rojas quienes han sido una luz y bendición en los momentos difíciles que me ha tocado vivir

A mis herman@s Williams, Gabriel y Karla por ser mi fuente de inspiración, por su amor, y por estar conmigo en todo momento. Y a toda mi familia, por su preocupación.

Laura Alexandra Brito Torres

DEDICATORIA

A Dios por guiar el sendero de mi vida conforme su voluntad, a mis padres Segundo Ruiz y Carmen Curay que han sido el pilar fundamental para alcanzar mi meta, han representado en mi vida el abrazo en el que siempre puedo confiar y el lugar al cual siempre puedo volver, a mis hermanos Bryan, Jennifer y Shalin, que me han apoyado incondicionalmente a lo largo de mi proceso académico, a mis abuelitos, Manuel Curay, Mercedes Muñoz y Adan Ruiz, que ahora están en el cielo y desde ahí me han dado el valor necesario para seguir, a mis tíos Kleber Curay, Luis Curay y Carlos Ruiz que me han brindado su apoyo y me han enseñado que todo es posible si hay esfuerzo de por medio, a mis tías Manuela Ruiz y Piedad Curay, que me han dado sus consejos, su cariño y los más importante sus enseñanzas, a mis amigos, docentes y compañeros que me han formado para ser una persona de bien.

Crisly Micaela Ruiz Curay

Resumen

En el presente trabajo de investigación estudió el efecto del tiempo (10 y 20 min) y temperatura (70 y 90°C) en el acondicionamiento de las cáscaras de cacao (*Theobroma cacao L.*), previo a la extracción de pectina por hidrólisis ácida en relación (1:25) (%p/%V), utilizando como agente de extracción ácido cítrico a un pH de 2,5 y un tiempo de hidrólisis de 180 minutos a 90°C. Siendo el tratamiento T1 (90°C por 20 minutos) obtuvo el mejor rendimiento (11,04%) Los análisis físicos químicos realizados a la pectina obtenida fueron, índice de metóxilos (43,05%), grado de esterificación (87.5%), humedad (8,98%), cenizas (9,39%) y rendimiento (10,76%); clasificando a la pectina dentro del grupo de bajo metóxilos debido a que los resultados son inferiores al 50%. Mediante la prueba de Tukey se determinó que el T2 (90°C por 10 minutos) es el mejor tratamiento con un valor medio de 43,05, con grado de confiabilidad del 95%. A partir de la pectina extraída se elaboró un jarabe del exudado de cacao utilizando la pectina obtenida T2 y mediante un análisis sensorial con una escala hedónica de cinco puntos se evaluó la aceptabilidad con respecto a la pectina comercial. Los valores obtenidos demuestran que no existe una diferencia significativa en el sabor y textura mientras que en el atributo color presentó una diferencia significativa.

Palabras clave: pectina, cacao, hidrólisis ácida, esterificación, metóxilos.

ABSTRACT

In the present study, the effect of time (10 and 20 min) and temperature (70 and 90°C) on the conditioning of cocoa (*Theobroma cacao L.*) shells, prior to the extraction of pectin by acid hydrolysis in a ratio (1:25) (%p/%V), using citric acid as an extraction agent at a pH of 2.5 and a hydrolysis time of 180 minutes at 90°C, was studied. Being the T1 run (90°C for 20 minutes) it obtained the best yield (11.04%). The physical-chemical analyses performed on the pectin obtained were, methoxyl index (43.05%), esterification degree (87.5%), humidity (8.98%), ash (9.39%) and yield (10.76%); classifying pectin within the low methoxyl group because the results are below 50%. Tukey's test determined that T2 (90°C for 10 minutes) is the best treatment with an average value of 43.05, with a 95% confidence level. From the extracted pectin, a syrup of the cocoa exudate was made using the pectin obtained T2 and through a sensory analysis with a five-point hedonic scale, the acceptability was evaluated with respect to the commercial pectin. The values obtained show that there is no significant difference in taste and texture while the colour attribute showed a significant difference

Keywords: pectin, cocoa, acid hydrolysis, esterification, methoxyl.

Índice General

CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.4. OBJETIVOS.....	3
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
CAPÍTULO II.....	4
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
2.1. ANTECEDENTES.....	4
2.2. BASES TEÓRICAS.....	4
2.2.1. CACAO.....	4
2.2.2. ORIGEN GEOGRÁFICO.....	4
2.2.3. TAXONOMÍA.....	5
2.2.4. VARIEDADES DE CACAO.....	6
2.2.5. IMPORTANCIA AGROINDUSTRIAL.....	6
2.2.6. SUBPRODUCTOS DEL CACAO.....	7
2.2.7. RESIDUOS AGROINDUSTRIALES.....	7
2.2.8. CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS.....	7
2.2.9. ACONDICIONAMIENTO DE LOS RESIDUOS.....	8
2.2.10. UTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES.....	8
2.2.11. PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO.....	9
2.2.12. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO.....	9
2.2.13. CONSECUENCIAS DEL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO.....	9
2.2.14. BLANQUEO.....	10
2.2.15. PECTINA.....	10
2.2.16. PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DE LA PECTINA.....	10
2.2.17. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DE LA PECTINA.....	11
2.2.18. CLASIFICACIÓN DE LAS SUSTANCIAS PÉCTICAS.....	12
2.2.19. CLASIFICACIÓN DE LAS PECTINAS.....	13
2.2.20. USO Y APLICACIONES DE LA PECTINA.....	14
2.2.21. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE PECTINA.....	14

2.2.22. FUENTES DE EXTRACCIÓN DE LA PECTINA	15
2.2.23. JARABE	15
2.2.24. ANÁLISIS SENSORIAL	16
CAPÍTULO III	17
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	17
3.1. LOCALIZACIÓN	17
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	17
3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	17
3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	17
3.4.1. ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA CÁSCARA DE CACAO	17
3.4.2. PROCESO DE EXTRACCIÓN DE LA PECTINA	18
3.4.3. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO PARA LA PECTINA	19
3.4.4. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL JARABE	22
3.4.5. DISEÑO EXPERIMENTAL	23
3.5. ANÁLISIS SENSORIAL	25
CAPÍTULO IV	26
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	26
4.1. ACONDICIONAMIENTO DE LA CÁSCARA DE CACAO	26
4.2. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LA PECTINA EXTRAÍDA	26
4.3. ANÁLISIS SENSORIAL	30
CAPITULO V	31
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
5.1. CONCLUSIONES	31
5.2. RECOMENDACIONES	32
CAPÍTULO VI	33
6. BIBLIOGRAFÍA	33
7. ANEXOS	37
7.1. Anexo 1: DIAGRAMAS DE PROCESO	37
7.2. Anexo 2. HOJA DE CATACIÓN	39
7.3. Anexo 3. CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA PECTINA EXTRAÍDA	40
7.4. Anexo 4 MEMORIA FOTOGRÁFICA	42
7.5. Anexos 5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO	46

Índice de tablas

Tabla 1: Componentes de la cáscara y exudado de cacao	7
Tabla 2: Análisis físico químicos de la pectina extraída	20
Tabla 3: Factores y niveles del diseño experimental del blanqueado para la extracción de pectina.....	24
Tabla 4: Especificaciones del diseño experimental para la aceptación del jarabe.	24
Tabla 5. Datos obtenidos para los atributos color, sabor y textura mediante la aplicación de la evaluación sensorial en catadores semientrenados.	30
Tabla 6: Resultados del acondicionamiento de la cáscara de cacao.....	40
Tabla 7: Contenido de metóxilos.....	40
Tabla 8: Grado de Esterificación	41
Tabla 9: Rendimiento de la pectina	41
Tabla 10: Humedad de la pectina	41
Tabla 11: Porcentaje de Cenizas de la pectina	41
Tabla 12. Análisis de la Varianza (SC Tipo III), para los tratamientos (T1, T2, T3, T4)...	46
Tabla 13. Prueba de Tukey para los tratamientos (T1, T2, T3, T4)	46
Tabla 14. Tabulación de prueba hedónica	47
Tabla 15: Análisis de varianza del atributo color	47
Tabla 16: Análisis de varianza del atributo textura	47
Tabla 17: Análisis de varianza del atributo Sabor.....	47

Índice de gráficos

Gráfico 1. Porcentaje de metóxilos en la pectina extraída.	26
Gráfico 2. Expresión del grado de esterificación en la pectina extraída.	27
Gráfico 3. Porcentaje de rendimiento de la pectina extraída por medio ácido.....	28
Gráfico 4. Porcentaje de humedad final en la pectina extraída.	29
Gráfico 5. Contenido de cenizas en la pectina extraída.....	29

Índice de figuras

Figura1: Clasificación de la pectina.	14
Figura.4: Diagrama de bloques del proceso de elaboración de jarabe de cacao.	23
Figura.2: Diagrama de bloques del acondicionamiento de la cáscara de cacao.....	37
Figura.3: Diagrama de bloques del proceso de extracción de la pectina.....	38
Figura.5: Diagrama de bloques del proceso de extracción de la pectina.....	40

CAPÍTULO I.

1. INTRODUCCIÓN

El árbol de cacao conocido como *Theobroma cacao L.* es originario del Sur de América y fue domesticado en América Central; es una especie del género *Theobroma*. Actualmente está extendido por África, Asia, Oceanía y América, destinadas a producir primordialmente chocolate y manteca para las industrias de alimentos y cosmetología (Arevalo, González, Maroto, Delgado, y Montoya, 2017).

Ecuador es un país con una amplia biodiversidad gracias a que se encuentra situado en la línea ecuatorial, posee buenas condiciones geográficas lo que hace que sea uno de los excelentes productores de cacao fino de aroma; dicho producto es tradicional y emblemático para el país, además se produce otra variedad de cacao conocida como el CCN-51, súper árbol entre otros.

A partir de la caída del precio del petróleo, el cacao es uno de los productos de origen agrícola que ha consolidado las exportaciones no petroleras teniendo una gran acogida en el mercado internacional Verdugo y Andrade (2018), por lo que económicamente este rubro solo se aprovecha el grano o semilla, representado el 10% del peso de la mazorca fresca Barazarte, Sangronis, y Unai (2008); dando como desechos la cáscara de cacao que representa entre el 52-76% del peso total de la mazorca.

El aprovechamiento de la pectina de estos residuos Yin Chan y Sim Choo (2013), genera para la industria una alternativa para el beneficio de las características físico químicas. Se puede realizar la extracción de pectina de la cáscara de cacao para la generación de nuevos productos agroindustriales; considerando que se encuentra de forma natural en la mayoría de frutas y posee propiedades gelificantes que se utilizan en diferentes áreas como en la industria alimentaria, en la preparación de jaleas y mermeladas.

También se emplea en la industria farmacéutica por las propiedades terapéuticas. Se caracteriza por ser antidiarreica, permitiendo que los infantes puedan asimilar los lácteos, debido al papel de regulador y protector del sistema gastrointestinal (Suarez y Orozco, 2014).

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La investigación se enfoca en aprovechar los desechos que se generan a partir de la post cosecha del cacao, es decir dar una alternativa de utilización a la cáscara o mazorca extrayendo la pectina de la corteza de cacao, en vista de que no es explotado a nivel industrial. Los residuos están representados por el 52-76% del peso total del mismo, se ha tomado en cuenta que el uso de la pectina esta direccionada a la industria alimentaria para la producción de jaleas, mermeladas, helados, además contiene cualidades terapéuticas como reductor de colesterol, e inductor de apoptosis de células cancerígenas de colon, entre otros beneficios.

Estudios realizados sobre la obtención de pectina, por diferentes métodos de extracción conocidos como químicos, físicos y enzimáticos, han puesto en evidencia que se debe trabajar en la parte de la metodología para obtener mejores resultados en cuanto a rendimiento y apariencia de la pectina adquirida a partir de este residuo.

La presente investigación pretende buscar los parámetros óptimos de la tecnología elegida para la obtención de pectina con un buen rendimiento y apariencia del producto para ser incorporada en un producto agroindustrial obtenido del exudado de cacao.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El aprovechamiento o reutilización de los residuos agroindustriales producto de las labores culturales, transformación de la materia prima y fluidos residuales de la industria, es importante debido a que contribuyen a reducir a la contaminación ambiental, optimización de procesos industriales y elaboración de nuevos productos para la alimentación animal o humana (Corredor y Pérez, 2018).

La industrialización del cacao, genera grandes cantidades de residuos (cáscaras y exudados), que dan lugar a la proliferación de insectos, hongos, bacterias, y olores desagradables debido a su descomposición, ocasionando un problema de tipo sanitario.

Las cáscaras de cacao por el contenido de fibra, cenizas, proteína y carbohidratos, se ha empleado como parte de la nutrición de los animales, fertilizantes de cultivos, los exudados en la elaboración de productos alimenticios (jugos, mermeladas y jaleas) y obtención de compuestos de aplicación industrial, entre las cuales se mencionan a las gomas, pectina, adsorbente, etc (Andrango Guallichico, 2013).

La pectina es un compuesto grandemente utilizado en la producción de conservas. Es extraído de fuentes convencionales con altos rendimientos (cítricos) y no convencionales (residuos de piña, cacao, plátano, maracuyá) que presentan deficiencias en la pectina extraída como son: el color pardo y bajos rendimientos. Investigaciones realizadas demuestran que la extracción de pectina por hidrólisis ácida y degradación enzimática ha influido mínimamente en la reducción del color pardo oscuro (Chasquibol-Silva, Arroyo-Benites, y Morales-Gomero, 2008).

Buscar otros métodos que inactiven el pardeamiento, como el método de blanqueo (blanqueo) aplicado en el acondicionamiento previo a la extracción tiene como objetivo retardar la acción enzimática y evitar el oscurecimiento de la pectina extraída.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo influye el método de blanqueo en la coloración de la pectina obtenida de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*) y su utilización en el jarabe del exudado del cacao?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el tiempo y la temperatura de blanqueo en la extracción de pectina y su aceptabilidad en jarabe del exudado de cacao (*Theobroma cacao L.*).

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar el método de blanqueo a dos tiempos (20min, 10 min) y temperaturas (70 90°C) para la extracción de pectina de la cáscara de cacao por el método de hidrólisis ácida
- Determinar los parámetros físico – químicos de la pectina obtenida.
- Utilizar la pectina de cacao en la elaboración de jarabe a partir del exudado de cacao.
- Evaluar la aceptabilidad del jarabe de cacao mediante una prueba sensorial.

CAPÍTULO II.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. ANTECEDENTES

Los residuos agroindustriales han sido de interés para las empresas que los generan debido a que, se utiliza el 10 % de fruto de cacao (semilla) y el 90% restante corresponde a los desechos (cáscara, cascarilla y exudado) que resultan de la transformación de la materia prima. También las poblaciones se ven afectadas a causa de los problemas medio ambientales, por lo que se han realizado investigaciones que permiten el empleo de los desechos anteriormente mencionados (Tapia Yáñez, 2015).

Según Chan y Choo (2013), investigó el efecto de las condiciones de extracción de pectina de la cáscara de cacao sobre su rendimiento y sus propiedades químicas, la pectina se extrajo usando agua, ácido cítrico y el ácido clorhídrico (HCl) a un pH de 2,5 – 4.0, el tiempo de extracción, temperatura y relación sustrato (cáscara) – extractante (ácidos) afectaron los rendimientos de pectina con rangos de 3,38-7,62%. El mejor rendimiento fue de 7.62% obtenido usando ácido cítrico a un pH de 2,5 a 95°C por 3h.

En las mismas líneas de investigación Charchalac y Lilian (2008), realizó una extracción de la pectina de cáscaras de maracuyá evaluando su rendimiento y propiedades como estabilizante, en donde se empleó un DCA, con un arreglo factorial 2*2, dos agentes para la extracción (ácido clorhídrico y cítrico), tiempo de extracción de (90 y 120 min) con el método de hidrólisis ácida, la evaluación de los datos se hizo mediante el programa estadístico SAS® usando Tukey ($p < 0.05$). El rendimiento máximo fue 21,25% utilizando ácido cítrico como agente de extracción a 120 minutos.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CACAO

2.2.2. ORIGEN GEOGRÁFICO

El cacao (*Theobroma cacao L*), es originario de América no obstante cabe resaltar que de acuerdo con el modo de vida nómada que llevaron nuestros antepasados resulta difícil definir la ubicación exacta del origen del cacao, sin embargo existen investigaciones de Poun, Cheesman et al, en donde mencionan que el cacao es originario de América del sur, en el

área del alto Amazonas, en donde se ven involucrados países como Colombia, Ecuador, Perú y Brasil debido a que en este sector se han podido identificar la mayor cantidad de variedades recibiendo un gran aporte en cuanto a soluciones de enfermedades en las plantaciones. La domesticación de la planta de cacao fue centrada en Mesoamérica, reconocido con el primer lugar en donde los españoles lo encontraron cultivado, adicionalmente en otras áreas localizadas por la cuenca del río Orinoco (Enríquez A, 1985).

El cacao es un árbol de talla pequeña de 4 a 7 m, contiene un tallo considerado de crecimiento di mórfico, es decir puede optar dos formas diferentes de crecimiento durante su desarrollo generando brotes de ramas que adquieren una forma de abanicos. Las hojas son de tamaño grande, alternadas, colgante y elípticas sus especificaciones generales son 20 a 35 cm de largo y 4 a 15 cm de ancho, las flores aparecen en forma de racimos ubicadas en la parte de las ramas y tronco, poseen una coloración rosa, púrpura o blanca con tamaños de 0.5 a 1cm de diámetro y 2 a 2.5 cm de largo.

Además, se encuentra el fruto que tiene una forma de baya grande, la misma que ha recibido el nombre común de mazorca, conserva una coloración amarilla o púrpura alcanzando tamaños de entre 15 a 30 cm de largo y 7 a 10 cm de espesor en forma afinada y con canales incrustados longitudinalmente sobre toda la mazorca que contienen entre 30 a 40 semillas, su color es chocolate o purpurado de 2 a 3 cm de largo, de sabor amargo cubiertas por una pulpa mucilaginosa de color blanco, y sabor dulce.

La semilla posee abundante contenido de almidón, proteína, materia grasa, la raíz puede penetrar más de 2 metros de profundidad en condiciones favorables facilitando la absorción de nutrientes (De la Cruz y Isabel, 2009).

2.2.3. TAXONOMÍA

- Reino: vegetal
- Tipo: Espermatofita
- Subtipo: Angiosperma
- Clase: Dicotiledóneas
- Subclase: Dialipétalas
- Orden: Malvales
- Familia: Esterculiácea
- Género: Theobroma
- Especie: Cacao

2.2.4. VARIEDADES DE CACAO

Partiendo bajo la visión botánica o genética de la especie *Theobroma cacao L*, se consideran las siguientes variedades:

Criollo

Originario del norte de Sudamérica y centro América las características principales de esta variedad de cacao es que presentan frutos de forma alargada que contiene ciertas manchas de color rojo o púrpura oscuro sobre su superficie rugosa en donde presenta exactamente 10 surcos muy marcados que rodean a la mazorca o fruto, los granos son grandes y de apariencia redonda con los cotiledones blancos o muy levemente redondeada (Erazo, 2014).

Forastero

Esta variedad se caracteriza por poseer frutos en forma ovalada y corta, superficie lisa y cuando alcanzan su estado de madurez óptimo puede llegar a ser verde o amarillo, en el interior del fruto se desarrollan granos pequeños y aplastados su coloración varía entre el púrpura oscuro y claro, este tipo de variedad está considerado como una especie muy compleja ya sea en cultivos de forma silvestre o domesticada (Erazo, 2014).

Trinitario

El origen de esta variedad es híbrido, es decir es aquella especie que resulta a causa de una combinación entre la especie forastero y criollo, adquiriendo una característica muy importante por la cual es llamado como “cacao fino” debido en gran parte al germoplasma criollo (Erazo, 2014).

2.2.5. IMPORTANCIA AGROINDUSTRIAL

La industria cacaotera se encuentra en crecimiento debido a que la demanda internacional exige mayores producciones, cabe recalcar que la variedad más apetecida internacionalmente es el cacao fino de aroma que ocupa solo un 6 y 8% del total de la producción, en donde el 80 % de esta producción cubren los países de América latina, Ecuador es uno de los territorios que presenta las mejores condiciones para la siembra de cacao y por ende es importante la transformación de las materia con el objetivo de buscar la competitividad y actuación en el mercado internacional mediante la fabricación de subproductos que son obtenidos de partes que en la actualidad no son aprovechadas en la industria (Plaza, 2016).

2.2.6. SUBPRODUCTOS DEL CACAO

En la industria existen un sin número de productos que se pueden obtener a base de la almendra de cacao siendo esta uno de los primeros productos que se utilizaron del cacao para la fabricación del chocolate, cacao en polvo, manteca de cacao, pasta de cacao entre otros, sin embargo, en la actualidad se han encontrado otros usos en cuanto al mucílago y cáscara del cacao con el objetivo de mejorar el aprovechamiento en cuanto a los beneficios que posee el cacao.

2.2.7. RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Los residuos de la semilla de cacao como la cáscara, cascarilla, y exudados están considerados aptos para consumo humano y favorables para la salud una vez que pasan por un proceso de transformación. Un ejemplo de ello es, la pectina que se extrae de la cáscara de cacao, compuesto muy importante en la elaboración de mermeladas, jaleas y bebidas. La cascarilla es ampliamente utilizada en la infusión con plantas medicinales aportando vitaminas A, C, rica en fibra, Ca, Mg, y antioxidantes en el organismo del ser humano. El exudado de cacao representa una fuente significativa de materia prima en la elaboración de bebidas, licores y néctar (Abzueta y Herrera, 2012).

2.2.8. CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS

Los residuos agroindustriales están constituidos por diferentes elementos de acuerdo a las etapas de donde son obtenidos en la cadena de valor del cacao y que se detallan a continuación en la tabla 1.

Tabla 1: Componentes de la cáscara y exudado de cacao

Componente	Cáscara	Exudado
	Porcentaje	Porcentaje
Humedad	85	79,2-84,2
Proteína	1,07	0,09-0,11
Minerales	1,41	-
Grasa	0,02	-
Fibra	5,45	-
Carbohidratos	7,05	-
Nitrógeno (N)	0,171	-
Fósforo (P)	0,026	-
Potasio (K)	0,545	-
Pectina	0,89	0,9-1,19
Azúcares	-	12,50-15,9
Glucosa	-	11,6-15,32
Ácido cítrico	-	0,77-1,52
Cenizas	-	0,40-0,50

Fuente:(Mejía Pérez, 2000; Ortiz-Valbuena y Álvarez-León, 2015)

2.2.9. ACONDICIONAMIENTO DE LOS RESIDUOS

Los residuos agroindustriales son en su mayoría de tipo orgánico y en dependencia de las características de la composición, se selecciona el tipo de pretratamiento mediante acción física, química o microbiológica, la importancia del acondicionamiento genera mejoras en cuanto a transporte, almacenamiento y reciclaje, previo a la transformación de los mismo, además evita problemas medioambientales como la generación de malos olores, gases de efecto invernadero y formación de lixiviados.

2.2.10. UTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES.

La cáscara de cacao

Es un residuo que se obtiene en el momento del desprendimiento de las almendras de la mazorca, la misma que ocupa la mayor cantidad de materia sólida desechada durante este proceso, sin embargo, la composición de la cáscara de cacao es rica en minerales, fibra, carbohidratos y pectina con un 0,89%. En la actualidad la importancia de la utilización de este desecho en la generación de nuevos productos bien sea estos de consumo humano o animal que se encuentra en etapa de crecimiento y engorde (Quimbita, Rodriguez, y Vera, 2013).

La cascarilla de cacao

Es considerado un desecho agroindustrial, derivado de la transformación de las semillas de cacao mediante un proceso de descascarillado para la obtención del chocolate, sin embargo, la cascarilla contiene macro nutrientes (proteínas, carbohidratos, lípidos), micro nutrientes (vitaminas y minerales) como también polifenoles con actividades biológicas y antioxidantes lo que presenta un gran potencial de uso como alimentos funcionales (Quimbita et al., 2013).

Exudado de cacao

El uso de este compuesto está involucrado en la fabricación en jugos, mermeladas, jaleas, néctares, debido a que este posee un alto contenido nutricional en su composición con un total de proteína de 0,22%, grasa 0,1%, ceniza 0,1%, sólidos solubles 16,6%, hidratos de carbono 14.57% (Torres et al., 2016).

2.2.11. PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO

Es considerado como una transformación debido a que el proceso ocurre cuando un vegetal contiene altos niveles de compuestos fenólicos que se convierten en polímeros coloreados en tonos marrones y negros, pasando por pigmentaciones entre rojas, rosadas o azul. Los resultados de coloraciones oscuras a causa del pardeamiento reciben el nombre de melaninas.

El pardeamiento enzimático es producido principalmente por las polifenoloxidasas (PPO) y en menores cantidades por las peroxidadas. Esta última actúa mediante una intervención del peróxido de hidrógeno, mientras que las polifenoloxidasas actúan sobre los fenoles en presencia de oxígeno. El oscurecimiento posee un efecto que puede llegar a modificar características organolépticas y nutricionales en los alimentos, específicamente en aquello que pasan por procesos de limpieza, pelado, picado o cortado como en el caso de las frutas y verduras (Jeantet et al., 2010).

2.2.12. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO

La actividad de las enzimas encargadas del pardeamiento depende de las condiciones físico químicas en las que se encuentran tales como pH, temperatura, actividad del agua y la presencia de inhibidores naturales. También existen otros factores que están en relación con la rapidez de aparición e intensidad del oscurecimiento tales como el contenido de polifenoles del alimento y disponibilidad del oxígeno (Jeantet et al., 2010).

2.2.13. CONSECUENCIAS DEL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO

El pardeamiento enzimático provoca la oxidación y polimerización de los polifenoles, logrando un efecto perjudicial en la calidad gustativa relacionada con el (amargor y astringencia) de los alimentos, al igual que el cambio a colores oscuros de los mismos. Los compuestos fenólicos poseen una actividad anti fúngica y antibacteriana, sintetizándose como sistema de defensa del *Botrytis cinérea*, incluso los polifenoles cuentan con una eficiencia contra las bacterias Gram + más que las Gram-, lo cual indica la importancia del mantenimiento de estos compuestos en beneficio de la salud pública al influir como barrera en la formación de radicales libres (Jeantet et al., 2010).

2.2.14. BLANQUEO

Es un proceso térmico en donde intervienen temperaturas elevadas entre los rangos de 70°C a 90°C y cortos períodos de tiempo que varían de 1 a 5 minutos, generalmente esta técnica es aplicada en productos vegetales. Se pueden emplear dos fuentes de transmisión del calor ya sea vapor de agua o agua caliente, las condiciones de tiempos y temperaturas pueden variar en dependencia del tipo de producto al que se desea realizar la operación de blanqueo. El principal objetivo de esta técnica es, la inactivación enzimática que evita el pardeamiento acelerado en la obtención de pectinas, la efectividad del proceso depende de la velocidad de transferencia del calor mediante un sistema de conducción que permita que el calor se distribuya uniformemente en el producto.

Es importante que el proceso de inactivación seleccionado garantice la destrucción total de las enzimas después de la inmersión ya que siguen una ley de primer orden en donde (la velocidad de inactivación es proporcional a la de la activación residual de la enzima), además es sustancial considerar que el método de blanqueo no puede ser usado en todos los casos en los que se desea inactivar las enzimas polifenoloxidasas, debido a que pueden llegar a intervenir en las características de flavor y textura de ciertos alimentos (Castro, 2004).

2.2.15. PECTINA

La pectina es un compuesto de origen vegetal que es generado de forma natural por las plantas y se encuentra específicamente en los frutos, están constituidos por cadenas de ácido D- poligalacturónico con uniones α (1- 4) con derivaciones de azúcares de diferentes tipos. Posee una propiedad de hidrocoloides, es decir que en presencia de un solución acuosa la pectina actúa como un espesante, estabilizante y principalmente gelificante, la solubilidad de la pectina puede ser generada ante la presencia de medios ricos en azúcares (Maldonado Culquimboz y Salazar Ocampo, 2010).

2.2.16. PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DE LA PECTINA.

La caracterización de las pectinas depende de las siguientes especificaciones:

Contenido de ácido galacturónico

Indica la pureza que posee la pectina extraída, característica considerada como uno de los principales aspectos de calidad.

Contenido de ceniza

El compuesto no puede superar el 6% en el contenido total.

Grado de metilación

El nivel óptimo del contenido de metóxilos en una pectina es de 16.3 % relacionado directamente con el poder de gelificación de la pectina (Abzueta y Herrera, 2012).

Tiempo y temperatura de gelificación

Esta propiedad de las pectinas se debe a la presencia de la protopectina encargándose de atrapar el agua y formando una especie de malla que permite constituir una textura más firme en los productos siendo esta una peculiaridad que proporcionan las pectinas.

Grado de esterificación

Es una especificación de calidad en las pectinas el cual debe alcanzar niveles del 50% de unidades del ácido galacturónico esterificadas.

Viscosidad

Esto depende principalmente del peso molecular, es decir es directamente proporcional a mayor peso molecular mayor viscosidad (Abzueta y Herrera, 2012).

2.2.17. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DE LA PECTINA

Grado de esterificación

El contenido de esterificación es directamente proporcional con el contenido de metóxilo y por ende con el poder de gelificación que posee la pectina, en las frutas cuando se produce una desesterificación puede significar la pérdida de dureza de la cáscara cuando la fruta es madura, además en dependencia del grado de esterificación la pectina tiene la capacidad de formar geles en condiciones normales (Duran, Honores, y Cáceres, 2012).

Contenido de humedad

La cantidad de agua comprendida puede significar la generación de afectaciones en las características como textura, apariencia, color, en los alimentos. El contenido de agua en los alimentos se encuentra en los rangos de 60% hasta un 90% considerando que todos los alimentos contienen agua en su composición. En los tejidos vegetales y animales existen dos maneras en las que se encuentra el agua, libre y ligada. El agua libre o absorbida se encuentra mayormente en los alimentos, y es la que se libera más fácilmente mediante los

diferentes métodos empleados para el cálculo de humedad (Morillas-Ruiz y Delgado-Alarcón, 2012).

Contenido de cenizas

El contenido total de cenizas en los alimentos indica el conjunto de minerales presentes en los mismo, los minerales encontrados en los alimentos producidos en nuestro país se reportan como relativamente bajos como es el caso de ciertas frutas como papaya y remolacha, por lo cual se deriva la importancia de evaluar los minerales en todos los productos empleados en el área alimenticia (Morillas-Ruiz y Delgado-Alarcón, 2012).

Porcentaje de Metóxilos

La determinación del porcentaje metóxilos presentes en la pectina extraída es importante, considerando que se encuentra directamente relacionado con el poder de gelificación y las condiciones que exige la misma para la formación del gel (Correa, Garza, Rodríguez, Aguilar, y Esquivel, 1999).

Rendimiento

Enfoca su determinación con el fin de conocer la productividad que posee actualmente un proceso, producto, o línea de producción, mismo que mediante un perfección u ajuste permite alcanzar la mejora continua, lo que lleva a las empresas a optimar su rentabilidad y eficiencia en sus procesos (Palacios, 2016).

2.2.18. CLASIFICACIÓN DE LAS SUSTANCIAS PÉCTICAS

De acuerdo a la cadena o polímero que están esterificados los grupos carboxílicos se clasifican en:

Protopectina

Sustancias donde todos los carboxilos se encuentran esterificados, estas no pueden ser disueltos en agua y se localizan en mayor proporción en los tejidos de los frutos que aún no maduran.

Ácidos pectínicos

Una gran parte de los carboxilos se encuentran esterificados, forman geles en condiciones de sólidos solubles y pH adecuadas. Las sales de estos ácidos se conocen como pectinatos (Ardila, 2007).

Pectinas

Son ácidos pectínicos que se disuelven en agua caliente, su capacidad principal es formar geles en presencia de sólidos solubles, ácidos o iones polivalentes.

Ácidos pécticos

No poseen grupos carboxílicos esterificados, las sales de estos compuestos se llaman pectatos y reaccionan ante los iones de calcio de las células con mucha facilidad para originar compuestos insolubles en jugos de frutas, reflejándose un visible precipitado en dos fases comúnmente en los néctares (Ardila, 2007).

2.2.19. CLASIFICACIÓN DE LAS PECTINAS

Las pectinas se clasifican de acuerdo al grado de esterificación (GE) que indica el porcentaje de residuos del ácido galacturónico esterificado o metoxilado por el grupo metilo y se clasifican en:

Pectinas de Alto Metóxilo (HM)

Son aquellas que presentan más del 50% de los grupos carboxilos del ácido galacturónico del polímero se encuentra esterificado con metanol. El grado de esterificación de las pectinas de alto metóxilo influye mucho sobre sus propiedades. Estas pectinas son capaces de formar geles en condiciones de pH entre 2,8 y 3,5 y un contenido de sólidos solubles entre el 60% y 70%.

Pectinas de Bajo Metóxilo (LM)

Son aquellas que presentan menos del 50% de los grupos hidroxilos están esterificados con metanol. Para la formación del gel se requiere de cationes divalentes donde se emplea calcio. Los geles se pueden obtener entre pH de 1 a 7, el cual no afecta en la textura del gel ni en el intervalo de los sólidos solubles puede estar entre 0 y 80%, pero el factor predominante en la formación del gel es el calcio (40 a 100mg).

A mayor grado de esterificación, se obtiene una gelificación más rápida. En función a dicha velocidad de gelificación y dependiendo de si están o no amidadas, las pectinas de alto y bajo metóxilo se subdividen como como se detalla en la figura.1 (Franco, Vanesa, y Desarrollo, 2015).

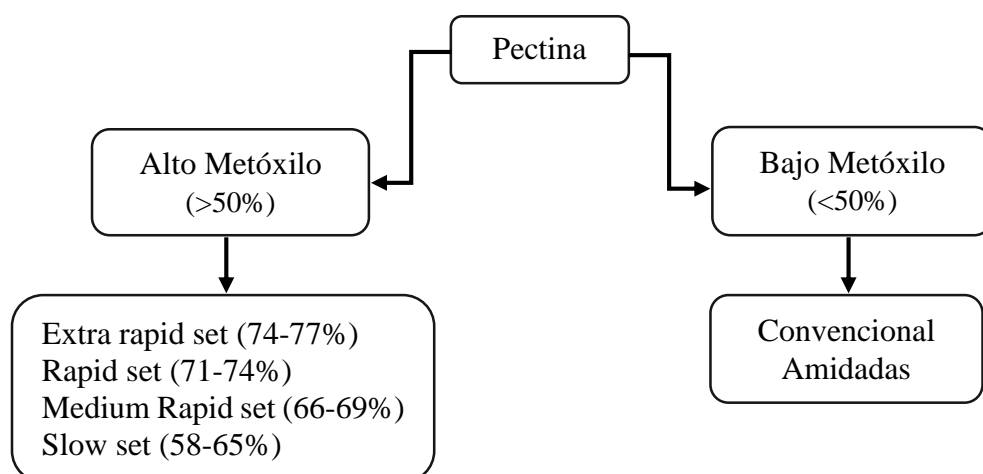


Figura1: Clasificación de la pectina.

2.2.20. USO Y APLICACIONES DE LA PECTINA

La importante participación dentro del área agroindustrial es amplia y se debe a que la pectina actúa como ingrediente en la fabricación de productos lácteos, estabilizante en mermeladas, bebidas de frutas, preparación en rellenos de panadería y productos de confitería. Además la pectina es un producto empleado en la fabricación de productos dentro del área de cosmetología y farmacéutica (Montoya y Gómez, 2013).

2.2.21. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE PECTINA

La extracción de pectina se centra principalmente en tres métodos que son presentados a continuación:

Extracción por microondas

Es una técnica reciente que ha sido utilizada con diversas materias primas, una ventaja del método es que se han encontrado altos rendimientos y buena calidad en el producto. La técnica se basa en el uso de energía de microonda, el empleo de un disolvente y la materia prima para obtener el producto (pectina). Los niveles de solventes (ácido clorhídrico) utilizados son bajos, lo que permite realizar un control de los parámetros que pueden llegar afectar la calidad del producto final (Urango-Anaya, Ortega-Quintana, Vélez-Hernández, y Pérez-Sierra, 2018).

Extracción por hidrólisis ácida

Es una técnica que consiste en extraer la pectina mediante solubilización ácida, el tipo de ácido que se emplea en el proceso varía en relación de los resultados que se desea alcanzar durante la extracción. Los medios ácidos empleados son ácido clorhídrico, ácido fosfórico, y ácido cítrico, así como, procesos como la concentración y filtración. Durante estas etapas pueden existir pérdidas de rendimiento dependiendo del contenido de ácido galacturónico y poder de gelificación de acuerdo al grado de esterificación (Maldonado Culquimboz y Salazar Ocampo, 2010).

Extracción enzimática

La técnica de extracción de pectina por el método enzimático, se emplea mediante un sistema de degradación enzimática purificada y la actuación de un solvente (ácido cítrico-citrato de sodio). Los controles para aplicar la técnica están directamente relacionados con las condiciones de pH y temperatura que se llevan a cabo mediante el uso de un reactor y posteriormente un sistema de agitación, permitiendo que la operación de extracción se realice de forma concreta. Una importante ventaja que posee este método está relacionado con su calidad química debido a que pueden presentar actividad biológica utilizada en la industria farmacéutica (Mendoza-Vargas, Jiménez-Forero, Ramírez-Niño, y Científica, 2017).

2.2.22. FUENTES DE EXTRACCIÓN DE LA PECTINA

Existen dos tipos de fuentes de extracción de pectinas la convencional y las no convencionales. Las convencionales utilizan los residuos de los cítricos y manzanas ambas materias primas tienen un elevado contenido de sustancias pécticas con un porcentaje de 30% a 35% y 15% a 20% respectivamente. Muñoz Ordóñez (2011) indican que, entre las fuentes no convencionales para la obtención de pectina, están los frutos de mora, uchuva, residuos agroindustriales de piña, maracuyá, cáscara de plátano, guayaba, mango, cacao, entre otros.

2.2.23. JARABE

Es el producto que se obtiene por disolución de edulcorantes (glucosa, fructosa) en agua y opcionalmente puede contener fruta, y/o sabores, colorantes artificiales y conservantes permitidos en grado alimentario. El jarabe debe ser preparado en relación al dulzor de la fruta conocido como °Brix. La normativa mexicana indica que los parámetros fisicoquímicos

de los jarabes son: porcentaje de cenizas máximo de 3%, pH entre 3-7 y ° Brix mínimo de 59,1 (NMX-F-169-1984, 1984).

2.2.24. ANÁLISIS SENSORIAL.

El conjunto de técnicas empleadas para la medida y evaluación de ciertas propiedades de los alimentos que son percibidas o receptadas por uno o más sentidos del ser humano, se denomina análisis sensorial, es decir es una disciplina que se encarga de medir tanto la parte cualitativa como la parte cuantitativa de los alimentos; además es fundamentada en la experiencia y trabajo de los catadores o jueces quienes por medio de los sentidos (olfato, vista, tanto, gusto) identifican dichas características (Saltos y Bayas, 2010).

Mediante el empleo de métodos estadísticos apropiados, los datos obtenidos en las evaluaciones sensoriales permiten posteriormente medir la calidad y el grado de aceptabilidad de un producto; este análisis es complementario a los análisis físico- químicos y microbiológicos que son requisitos necesarios para conocer la composición y el grado de inocuidad del alimento (Saltos y Bayas, 2010).

FAO, indica que la cantidad máxima de pectina es de 1%, en la elaboración de jarabes. Por lo cual los 4 tratamientos de pectina extraídos fueron sometidos a una evaluación mediante un Diseño Completo al Azar, determinando que tratamiento es el mejor para ser empleado en la elaboración del jarabe.

CAPÍTULO III.

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. LOCALIZACIÓN

El presente trabajo de titulación, se realizó en los laboratorios de Química, Bromatología y Procesos de la Universidad Estatal Amazónica, ubicada en el km 2 y ½ vía al Tena del cantón Pastaza, provincia Pastaza; y en los laboratorios de suelos y plantas medicinales del Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA).

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo de las actividades fue de acuerdo a los objetivos planteados, mediante una investigación cuantitativa de tipo experimental, en donde se combinaron parámetros como temperatura y tiempo en el proceso de blanqueado antes de la extracción. Se analizó el rendimiento, coloración, contenido de metóxilos y grado de esterificación.

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Se realizó una investigación exploratoria, descriptiva y experimental.

- Explorativa: Debido a que se investigó cómo mejorar el rendimiento y apariencia del producto final en la extracción de pectina a partir de la cáscara de cacao.
- Descriptiva: Se detalló de manera ordenada el proceso que implica la obtención de pectina con un buen rendimiento y apariencia en base a la fundamentación teórica, de la misma manera para la elaboración del jarabe de cacao.
- Experimental: Con la ayuda de un modelo o diseño experimental se puso en práctica a nivel de laboratorio, las variables sujetas a estudio.

3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1. ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA CÁSCARA DE CACAO.

En la etapa preliminar de acondicionamiento de la materia prima se realizaron operaciones como selección, lavado, cortado y escaldado en cáscara de cacao que no presentaron defectos, daños o enfermedades en su estructura, a fin de conseguir un producto de calidad.

Descripción tecnológica del acondicionamiento de la cáscara de cacao.

La información descrita a continuación es tomada en base a lo planteado por Chasquibol-Silva, Arroyo-Benites, y Morales-Gomero (2008); Upiachihua y Mariza (2019). Ver anexo 1, donde se muestra el diagrama de bloques del proceso de acondicionamiento para la extracción de la pectina.

El proceso de acondicionamiento inicia con la recepción y pesado (balanza electrónica Huazhi Polestar) de las mazorcas de cacao, luego se seleccionan de acuerdo al grado de madurez y se desechó los frutos que presentaban enfermedades o daños mecánicos.

Se utilizó agua potable para limpiar las mazorcas y eliminar impurezas que se encuentren en la corteza, seguido se enjuagó con agua destilada tipo II y con ayuda de un chuchillo de acero inoxidable se dividieron las mazorcas separando las almendras de las cáscaras, reduciendo el tamaño de las cáscaras en trozos pequeños para facilitar el blanqueado. Dicha operación es de gran importancia, porque inactiva las enzimas que catalizan la reacción de desmetoxilación; y evita el pardeamiento de la cáscara. En el proceso se utilizó dos tratamientos a diferentes temperaturas y tiempos T1 (85-95°C por 10 minutos) y T2 (65-75°C por 20 min), las mismas que fueron ejecutadas mediante el uso de un Baño María Hh-zk-4 que regula y mantiene las temperaturas, mientras un cronómetro registró el tiempo exacto con el que permanecieron las cáscaras en cada tratamiento.

El escurrido se realizó con la finalidad de eliminar totalmente el agua y para ello se usaron bandejas metálicas perforadas, se colocaron las cáscaras de cacao en una estufa de aire Hengzi durante 36-48 horas a una temperatura de 55°C, hasta obtener el 6% de humedad. Mediante el uso de un molino eléctrico se redujo el tamaño de las cáscaras de cacao y fueron empacadas en una funda de polietileno de alta densidad y posteriormente guardadas a 20-25°C hasta su utilización en posteriores operaciones.

3.4.2. PROCESO DE EXTRACCIÓN DE LA PECTINA

En la extracción de la pectina se utilizó la materia prima previamente acondicionada y se manejaron tanto equipos, materiales y reactivos que son descritos dentro del método de extracción por hidrólisis ácida.

Descripción tecnológica del proceso de Extracción de la pectina.

La información descrita a continuación está relacionada en base a la metodología planteada por Chan y Chon (2013); ver anexo 1, donde se muestra el diagrama de bloques del proceso de extracción de la pectina.

La extracción por hidrólisis ácida fue realizada preparando un agua acidulada (ácido cítrico) a un pH de 2,5; en una relación 1:25(w/v) sustrato-extractante a 85°C con una agitación constante por 180 minutos, posteriormente la solución resultante de la hidrólisis se enfrió y se filtró con ayuda de una tela o lienzo obteniendo la mayor cantidad posible de la solución péctica, evaporándola hasta 1/4 o 1/5 del volumen inicial a temperatura de 70°C durante 30 min.

La solución péctica obtenida fue colocada en un matraz de base redondo y se añadió alcohol etílico al 95%, a una relación 1:2, con ayuda de una probeta se agitó suavemente y se dejó reposar durante 4 horas para obtener dos fases una gelatinosa (pectina) y otra líquida (alcohol, compuestos solubles y trazas de pectina).

La pectina fue separada con ayuda de una tela para filtrar, hasta eliminar la mayor cantidad de líquido, luego se purificó la pectina con repetidos lavados de alcohol etílico a 70° y 96°, seguidamente con ayuda de una bomba de vacío se retiró la mayor cantidad de alcohol procedente de los lavados en la etapa de purificado, luego se extendió una capa de la sustancia péctica en recipientes de aluminio que fueron colocados en una estufa a una temperatura de 50 °C durante 24 horas, una vez transcurrido esto, se utilizó un mortero donde se redujo el tamaño de partícula hasta obtener un polvo, que fue almacenado en recipientes herméticos y ambiente seco para evitar su contaminación.

3.4.3. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO PARA LA PECTINA

Para la caracterización y determinación de la calidad de la pectina se desarrollaron los análisis descritos a continuación:

Tabla 2: Análisis físico químicos de la pectina extraída

Análisis	Método
Porcentaje de Metóxilo	Método establecido por Owens
Grado de Esterificación	Método establecido por Owens
Rendimiento de pectina	Método de Seggiani
Humedad	CODEX Alimentario CX/MAS 15/36/3
Cenizas	CODEX Alimentario CX/MAS 15/36/3

Fuente: (Muñoz Ordóñez, 2011)

Determinación de Metóxilos

Se determinó el porcentaje de metóxilos mediante el método planteado por Owens citado por Cabarcas, Guerra, Henao, y Acevedo Morantes (2012), Se preparó una mezcla de 5000mg de la pectina extraída, con 5ml de alcohol de 95 % cantidad mínima para cubrir y humedecer la muestra de pectina, se agregó 100ml de agua destilada tipo II como ingrediente final para completar la mezcla. Posteriormente se desesterificó el metóxilo con 25ml de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1N, se agitó y dejó a reposar durante 30min en un frasco cubierto por una tapa, luego se neutralizó la solución con 25ml de HCl 0.25 N, se agitó, consecutivamente se añadió de tres a cuatro gotas de fenolftaleína, se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) hasta conseguir un pH de 7,5 mismo que fue evidenciado por un cambio en la coloración de la mezcla.

El contenido de metóxilos (CM) en la pectina se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ metóxilos} = \frac{\text{meq de NaOH} \cdot P.\text{molecular del metoxilo} \cdot 100}{\text{peso de la muestra en (mg)}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Determinación del grado de esterificación

Se determinó el grado de esterificación mediante el método planteado por Owens citado Serrat-Díaz et al., (2018). Se tomaron dos porciones equivalentes de 5 ml de la solución péctica que fueron llevadas a frascos erlenmeyer, con la letra E (carboxilos esterificados) y T (carboxilos totales) respectivamente. Luego se adicionó 10 ml de agua destilada en otro frasco con la letra C (control). En los frascos rotulados con la letra E y T se les añadió 5 ml de agua destilada, seguidamente se adicionó en el frasco E con ayuda de una bureta y gota a gota, NaOH 0,1 M hasta pH de 7,5, el cual permaneció estable durante 30s.

El valor del total de NaOH consumido debe ser registrado, posteriormente se colocó 2 ml de NaOH 0,5 M a todos los frascos y se esperó 30 min. Finalmente se estimó el contenido de iones de hidróxido sobrantes con una solución estándar de HCl 0,05 M hasta pH 7,5, el cual permaneció constante durante 30s. Las diversas cantidades de HCl consumidas por el control pertenecen al grupo carboxilo esterificado y el E y T corresponden a los contenidos del grupo carboxilo esterificado y totales respectivamente

El cálculo de esterificación (GE) en la pectina se calculó mediante el remplazo de los respectivos valores en la siguiente fórmula (Serrat-Díaz et al., 2018).

$$GE\% = \frac{\text{moles de grupo carboxilo esterificados}}{\text{moles de grupo carboxilo totales}} \times 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

Rendimiento de pectina extraída

El porcentaje de rendimiento de pectina se determinó mediante la aplicación de la siguiente fórmula en donde fueron necesarios los pesos de pectina pura obtenida y el peso de la cáscara seca, valores derivados a lo largo del proceso de obtención de pectina (Mendoza-Vargas et al., 2017).

$$\% \text{ de Rend} = \frac{\text{pectina pura (g)}}{\text{peso prom.de cascara en base seca (g)}} \times 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

Determinación de humedad

La determinación del porcentaje de humedad se realizó mediante el método gravimétrico establecido por el CODEX Alimentario CX/MAS 15/36/3, para lo cual se utilizó una estufa de calentamiento (Mermmet), se pesó 1 gramo de muestra en una cápsula de porcelana tarada, se colocó en un estufa a 105 °C durante un tiempo de 2 horas, se retiró la muestra y se transfirió a un desecador durante 20 min hasta alcanzar la temperatura ambiente, se procedió a tomar el peso en una balanza analítica (Ohaus), se repitió la operación de secado y enfriamiento de las muestras con el objetivo de conseguir pesos constantes en las muestras analizadas.

El cálculo de % de humedad se obtuvo mediante la aplicación de la siguiente fórmula.

$$\text{Contenido de humedad}(\%) = \frac{S-(W_1-W_0)}{s} \times 100 \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

W0: peso de cápsula de porcelana (g)

W1: Peso de cápsula de porcelana con la muestra después del secado (g)

S: Peso de la muestra (g)

Determinación de cenizas

Se determinó el porcentaje de cenizas mediante el método gravimétrico establecido por el CODEX Alimentario CX/MAS 15/36/3, se empleó una mufla (NOL AB Umega), se rotuló y llevó a un peso constante todos los crisoles empleados para el análisis introduciéndolos durante 15min a un mufla a un temperatura de 550°C, se dejó enfriar en un desecador y posteriormente se registró el peso de cada uno de ellos en una balanza analítica (Ohaus), se agregó 3 gramos de muestra en cada envase, se incineró las muestras, luego se colocó las muestras en la mufla a 550°C durante 2 horas aproximadamente o hasta lograr que se formen cenizas de color blanco o blanco grisáceo brillante, luego se colocó las muestras en un desecador por 1 hora hasta que se enfríe completamente, y se tomó el peso logrado después de la incineración

El contenido de cenizas se determinó mediante el reemplazo de datos en la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de cenizas en la muestra (\%)} = \frac{w2-W1}{S} * 100 \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

W1: Peso del crisol de porcelana inicial (g)

W2: Peso del crisol de porcelana final (g)

S: Peso de la muestra (g)

3.4.4. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL JARABE.

Descripción tecnológica del proceso de elaboración del jarabe de cacao.

La información que se describe a continuación es tomada en base a lo planteado por Calle Mendoza (2014); a continuación se muestra el diagrama de bloques del proceso de elaboración de jarabe de cacao.

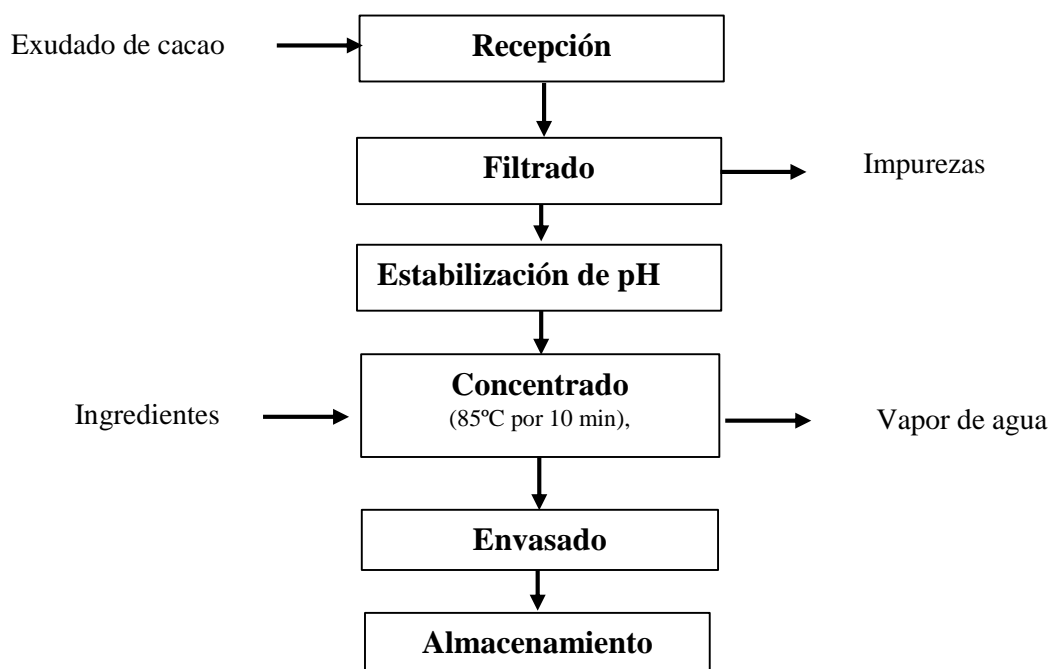


Figura.4: Diagrama de bloques del proceso de elaboración de jarabe de cacao.

Elaboración: Autores

Recepción: Se verificó que el exudado de cacao sea fresco

Filtrado: Se eliminó impurezas del exudado de cacao con ayuda de una tela filtrante

Estabilización de pH: Se ajustó el pH de 3,3, hasta los rangos de 4-5 del exudado de cacao, mediante el uso de bicarbonato de sodio.

Concentrado: Esta etapa se realizó para concentrar los azúcares a una temperatura de 90-95°C por 2 horas, consiguiendo un total de sólidos solubles de 73- 76°Brix, dato obtenido mediante el empleo de un refractómetro.

Envasado: Una vez que el jarabe fue envasado se volteó para crear la acción de vacío.

Almacenamiento: El producto terminado se mantuvo en un ambiente a temperaturas de 24-26°C.

3.4.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Extracción de pectina de cacao.

Se realizó un Diseño Completamente al Azar, con un arreglo factorial AxB para las variables (Tiempo y Temperatura), para el método de hidrólisis ácida; la finalidad fue establecer el efecto de las variables a estudiadas sobre el rendimiento y coloración de la pectina.

Posteriormente se empleó como gelificante en la elaboración de un jarabe a base del exudado de cacao. En la tabla 3 se muestran los niveles de los factores que se experimentaron en la extracción de pectina.

La evaluación de los datos se hizo mediante el programa estadístico Infostat haciendo uso del modelo ANOVA con prueba Tukey ($p < 0,05$)

Tabla 3: Factores y niveles del diseño experimental del blanqueo para la extracción de pectina

FACTORES	NIVEL 1	NIVEL 2
A: Tiempo	A0: 20 min	A1: 10 min
B: Temperatura	B0: 70 °C	B1: 90 °C

Elaboración: Autores

- T1 (A0*B1): Blanqueo a 90 por 20 minutos
- T2 (A1*B1): Blanqueo a 90 por 10 minutos
- T3 (A0*B0): Blanqueo a 70 por 20 minutos
- T4 (A1*B0): Blanqueo a 70 por 10 minutos

Los niveles de los factores establecidos en la tabla anterior fueron tomados y planteados en base a bibliografía revisada previamente, esta combinación da lugar a 4 tratamientos los cuales fueron empleados en la caracterización de la pectina y un número total de 3 réplicas a fin de reducir el margen de error.

Acceptabilidad del jarabe

Se realizó un Diseño Completamente al Azar, simple para las muestras del jarabe a base del exudado de cacao su finalidad fue determinar la aceptabilidad del producto comparando el efecto de la pectina comercial y la extraída de la cáscara de cacao. En la tabla 4 se muestran las especificaciones que se evaluaron en el producto.

Tabla 4: Especificaciones del diseño experimental para la aceptación del jarabe.

Tratamientos	Repeticiones	Jarabe	Total
Blanco	3	2	6
T2	3	2	6
		Total	12

Elaboración: Autores

3.5. ANÁLISIS SENSORIAL

La prueba empleada para evaluar la semejanza del efecto producido por la pectina extraída y la pectina comercial en el producto elaborado a base del exudado de cacao, fue de tipo afectiva, esta es una prueba hedónica en donde los jueces son los encargados de definir la aceptabilidad o preferencia las muestras presentadas para la evaluación.

El tamaño de la muestra seleccionada para la evaluación, fueron 20 docentes de la Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Agroindustrial

Los panelistas valoraron los parámetros como: color, sabor, y textura. El diseño de la hoja de catación del tipo de prueba elegida, se detalla en el Anexo 2.

CAPÍTULO IV.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. ACONDICIONAMIENTO DE LA CÁSCARA DE CACAO

El método de blanqueo aplicado redujo parcialmente el pardeamiento enzimático en las cáscaras de cacao, Sin embargo, el T4 (70° C por 10 minutos) tuvo una coloración menos parda seguida del tratamiento T1 (90°C por 20 minutos). Considerando la presencia de oxígeno y que la oxidación en el fruto de cacao es inmediato al corte, los autores Tenesaca y Geovanny (2016), mencionan que existen métodos físicos como el escaldado, eliminación de oxígeno y los medios químicos como, inhibidores por sulfitos y acidulantes que cumplen la función de reducir el pardeamiento enzimático. (Figura 5)

4.2. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LA PECTINA EXTRAÍDA.

La calidad de la pectina está definida por el contenido de metóxilos, grados de esterificación, humedad y cenizas. El índice de metóxilos se determinó mediante la ecuación 1 empleando los valores que se presentan en el Anexo 3.

Considerando que el contenido de metóxilo es un indicador de calidad de la pectina se realizaron tres réplicas de los tratamientos y se realizó un ANOVA con prueba Tukey al 95% de confianza para determinar el mejor tratamiento (Smith y Hong-Shum, 2003)

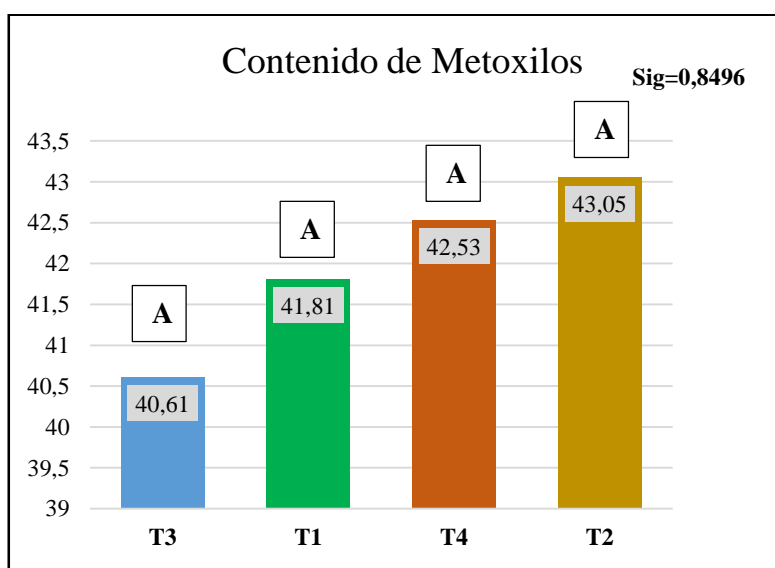


Gráfico 1. Porcentaje de metóxilos en la pectina extraída.

Elaboración: Autores

Los resultados presentados en el Grafico 1, indican que todos los tratamientos son de bajo contenido metóxilo porque se encuentra en rangos inferiores al 50%. Sin embargo, el T2 (90°C por 10 minutos) tiene un valor medio 43,05, con p-valor (0,8496) y un $\alpha=0,05$, seguido por el T4 (70°C por 10 minutos) que tiene un valor medio de 42,53. Cerón, Salazar y Cardona, (2011) mencionan que las pectinas de bajo metóxilo son ventajosas en la industria de los alimentos con productos de bajo contenido en azúcar pero que no deben ser inferiores al 7% porque pierden su capacidad gelificante (Vera, Castillo, y Ortega, 2016).

Grado de Esterificación

Los datos obtenidos (Ver Anexo 3) fueron reemplazados en la ecuación 2, para determinar el grado de esterificación de acuerdo al grafico 2:

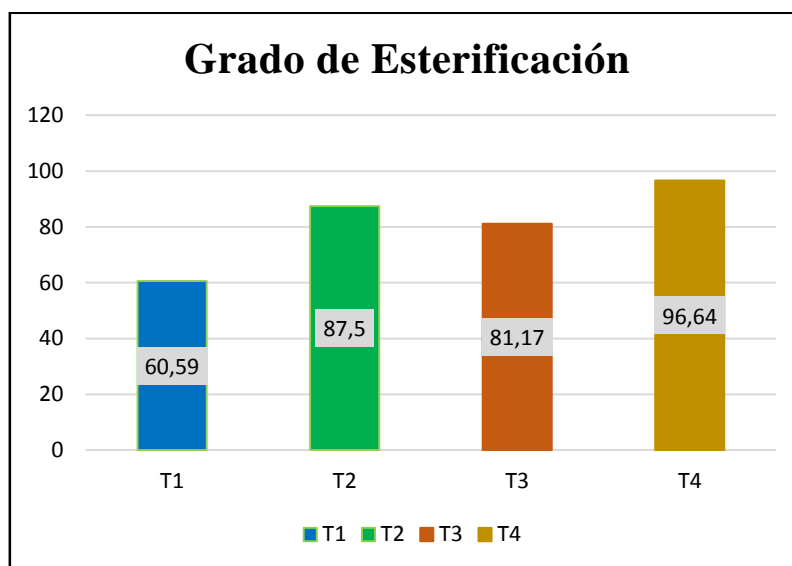


Gráfico 2. Expresión del grado de esterificación en la pectina extraída.

Elaboración: Autores

Con respecto a la gráfica 2. Los tratamientos se encuentran dentro de grupo de alto grado de esterificación, sin embargo, el tratamiento T4 (70°C *10min) es el que se destaca alcanzado el 96,64%, seguido del tratamiento T2 (90°C *10) con un 87,5%. Galeas Lema (2015) indica que, las pectinas muy esterificadas están por encima o igual a 50%, mismas que son muy utilizadas como estabilizantes de bebidas lácteas y en la elaboración de confituras, jaleas considerando que para su elaboración requieren desde el 60% de azúcar.

Rendimiento de la pectina

El porcentaje de rendimiento se determinó empleando la ecuación 3 y los resultados presentados en el Anexo 3.

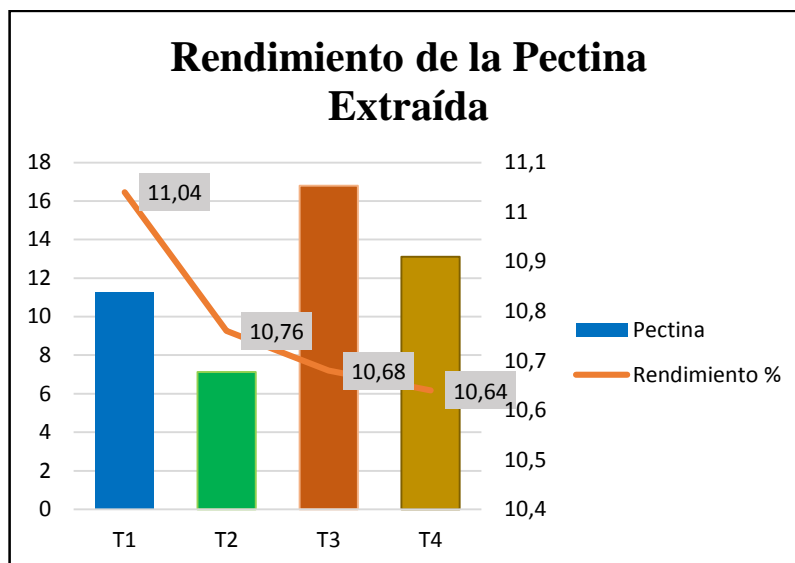


Gráfico 3. Porcentaje de rendimiento de la pectina extraída por medio ácido.

Elaboración: Autores

De acuerdo a la gráfica 3. Los resultados obtenidos indican que el mejor rendimiento se obtuvo del T1 (90°C por 20 minutos) con un valor de 11,04%, seguido del T2 (90°C por 10 minutos) con un valor de 10,76%; reportando buenos valores de rendimiento. Estudios realizados señalan que el rendimiento de pectina de la cáscara de cacao está en un rango del 9,41% empleando como agente de extracción Ácido cítrico y pH de 2 en la obtención de pectina por hidrólisis ácida (Nizama Yamunaqué, 2015)

Humedad

En la pectina extraída se analizó el contenido de agua que poseen, considerado como un indicador de calidad y conservación de la misma, los resultados obtenidos en la presente evaluación se ven reflejados en el Anexo 3

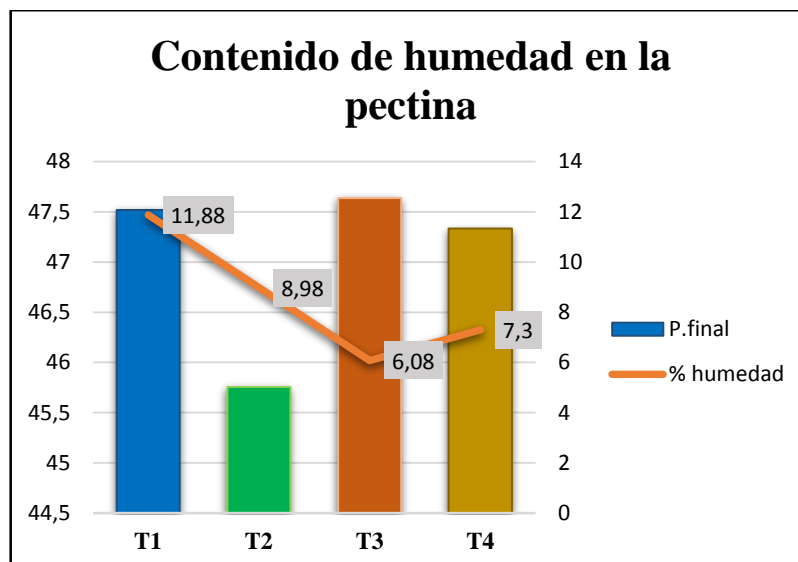


Gráfico 4. Porcentaje de humedad final en la pectina extraída.

Elaboración: Autores

La gráfica indica que el tratamiento con el mayor contenido de humedad fue el T4 (70°C*10min) con un total de 11,88% seguido por el T2 (90°C*10min) con 8,98%. Tomando como referencia lo establecido por la FAO, en donde señala que la humedad máxima de la pectina es del 12%, es decir todos los tratamientos se encuentran dentro del rango.

Cenizas

Los valores obtenidos en la pectina extraída se ven reflejados en el Anexo 3.

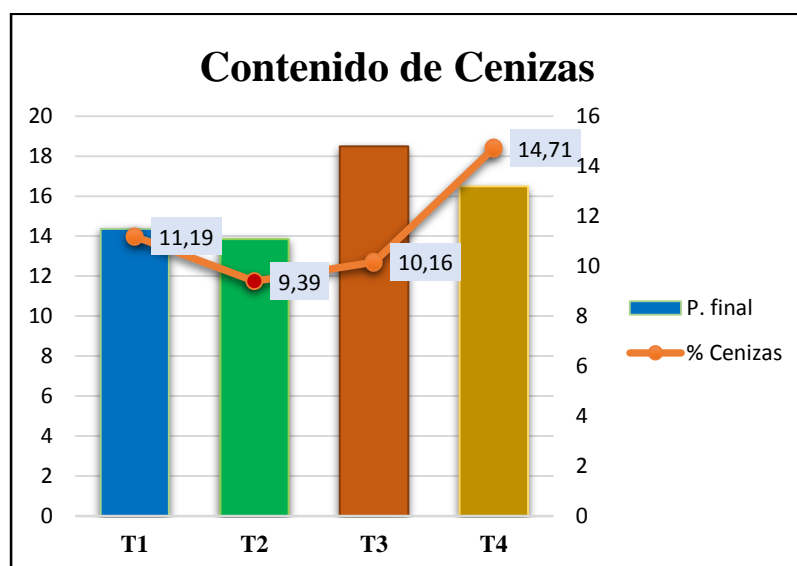


Gráfico 5. Contenido de cenizas en la pectina extraída.

Elaboración: Autores

En la gráfica 5, indica que el mejor tratamiento con contenido de cenizas es el T2 (90°C por 10 minutos) con un valor de 9,39%, encontrándose dentro del rango, según lo indica FCC el límite máximo de contenido de cenizas es del 10%, sin embargo, los demás tratamientos están por encima de este valor debido a que existe un incremento de compuestos inorgánicos y esto se debe al insuficiente proceso de lavado de la pectina con alcohol neutro.

4.3. ANÁLISIS SENSORIAL

Tabla 5. Datos obtenidos para los atributos color, sabor y textura mediante la aplicación de la evaluación sensorial en catadores semientrenados.

Atributos	Tratamientos		(p Valor)	Nivel
	Blanco	T2		
Color	4,60	4,00	0,0070	B
Textura	4,10	4,00	0,7136	A
Sabor	4,65	4,25	0,0609	A

Fuente: Infostat

En la tabla 11, se observa que el tratamiento con el valor de la media más alta para los atributos de textura sabor y color fue para el Blanco, determinando que al comparar los tratamientos T2 y el Blanco, utilizando un 0,08% en la formulación del jarabe a base del exudado de cacao, la pectina comercial fue el que tuvo mayor aceptación por parte de los panelistas. (Ver Anexo 5)

Las características organolépticas del jarabe de cacao en comparación con el de otras frutas tienen similitud en su aspecto denso, en cuanto a olor, color y sabor varían en dependencia de la fruta que se emplee en la elaboración, los sólidos solubles alcanzados fueron de 73°Brix, mientras lo recomendado se encuentran en los rango de 73 -77 °Brix, de acuerdo a (Ordóñez, Valeska, Galeano Juárez, Ortiz, y del Socorro, 2009)

CAPITULO V.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se logró evaluar el método de blanqueo empleado en el acondicionamiento de las cáscaras de cacao, previa a la extracción de la pectina para la reducción del pardeamiento enzimático, obteniendo el T4 (70°C por 10 minutos) con una coloración menos oscura a diferencia de los demás tratamientos realizados.

Se estableció la calidad de la pectina extraída mediante la determinación de los parámetros físicos químicos, siendo T2 el que logró un mejor comportamiento durante la realización de las pruebas, trabajó en condiciones de blanqueo de (90°C por 10min), obteniendo para el contenido de metóxilos (43,05), grado de esterificación (96,64%), rendimiento (10,76%), humedad (8,98%) y cenizas (9,39%).

Con las características evaluadas se determinó que el mejor tratamiento de pectina de cacao extraída fue T2 (90°C por 10 minutos) con un valor medio de 43,05, empleada en la elaboración del jarabe a base del exudado de cacao, ejerciendo en el producto la acción de gelificante.

En el jarabe elaborado con pectina extraída de la cáscara de cacao y pectina comercial, se determinó que únicamente existe diferencia significativa en el atributo color con un valor medio de (4,60), siendo el jarabe elaborado con la pectina comercial la de mayor aceptación por los panelistas.

5.2. RECOMENDACIONES

Estudiar otros métodos como radiación ionizante, y no ionizante (ultrasonido, microondas), manejos de composición de atmósfera que reduzcan en su totalidad el pardeamiento enzimático en las cáscaras de cacao, empleadas como materia prima para la extracción, a fin de mejorar el aspecto de coloración en la pectina extraída.

Incentivar la utilización de diferentes frutas no convencionales (Pitahaya, mango, papaya), para la extracción de pectina por medios ácidos, que permitan mejorar rendimientos en el proceso de extracción, a fin de que se aproveche al máximo todos los beneficios que brindan las materias primas.

Mejorar el proceso de pulverización de la pectina, mediante el uso de molino y una criba, evitando que se evidencie partículas de la misma en el producto a aplicarse.

CAPÍTULO VI

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abzueta, I., y Herrera, M. J. M. U. d. l. A., Facultad de Ingeniería. (2012). Extracción de pectina de alto metóxilo a partir de cáscaras de parchita para la producción de mermelada [Tesis de Ingeniería Química]. 4-15.
- Andrango Guallichico, M. A. (2013). Elaboración de una barra energética aprovechando el endocarpio de la cájarascara de cacao como una materia prima, en la UTE campus Santo Domingo. Ciencias De La Ingeniería E Industrias Facultad: Ingeniería Agroindustrial.
- Ardila, S. F. (2007). Pectinas: Aislamiento, caracterización y producción: Universidad Nacional de Colombia.
- Arevalo, M., González, D., Maroto, S., Delgado, T., y Montoya, P. (2017). Manual Técnico del cultivo de cacao (978-92-9248-732-4). Retrieved from San José:
- Barazarte, H., Sangronis, E., y Unai, E. (2008). La Cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.): Una posible fuente comercial de pectinas. *Scielo*, 58(1), 64-70.
- Calle Mendoza, A. (2014). Elaboración de jalea de chocolate, a base de asta de cacao y guarana Uninversidad Agraria del Ecuador
- Castro, M. A. G. (2004). Validación experimental de un software asistido por internet para describir el proceso combinado escaldado-hidrogenfriado en floretes de brócoli (*Brassica Oleracea* L. Var *Italica*). Universidad Austral De Chile.
- Cerón-Salazar, Ivonne, & Cardona-Alzate, Carlos (2011). Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de la cáscara de naranja. *Ingeniería y Ciencia*, 7(13),65-86.[fecha de Consulta 7 de Enero de 2020]. ISSN: 1794-9165. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=835/83521270004>.
- Chan, S.-Y., y Choo, W.-S. J. F. c. (2013). Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks. 141(4), 3752-3758.
- Charchalac, O., y Lilian, R. (2008). Efecto del agente de extracción y tiempo de hidrólisis ácida en el rendimiento de pectina de cáscaras de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*).
- Chasquibol-Silva, N., Arroyo-Benites, E., y Morales-Gomero, J. C. J. I. I. (2008). Extracción |y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. (026), 175-199. |

- Correa, C., Garza, Y., Rodríguez, J., Aguilar, C. N., y Esquivel, J. C. J. J. o. t. M. C. S. (1999). Geles de pectina de bajo metoxilo modificadas enzimáticamente. 43(1), 15-17.
- Corredor, Y. A. V., y Pérez, L. I. P. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 59-72.
- C. D. C. S. M. (2015). Programa Conjunto FAO/OMS Sobre Normas Alimentarias Comité Del Codex Sobre Métodos De Análisis Y Toma De Muestras 36.ª Reunión Budapest (Hungría), 23-27 De Febrero De 2015 Documento De Debate Sobre La Elaboración De Procedimientos O Directrices.
- De la Cruz, E., y Isabel, P. (2009). Historia, saberes y sabores entorno al cacao. *Revista Universitaria de Investigación*, 10(2), 97-120.
- Duran, V., Honores, M., y Cáceres, P. (2012). Obtención de pectina en polvo a partir de la cáscara de maracuyá (*Passiflora Edulis*).
- Enríquez A, G. (1985). *Curso sobre el Cultivo del Cacao*. Costa Rica: CATIE.
- Erazo, X. A. R. (2014). *Diversidad Genética De Cacao Theobroma cacao L. Con*. Retrieved from Palmira:
- FAO. Descripción general de Procesos, Operaciones preliminare, Princiios de conservación de alimentos
- Franco, Z., Vanesa, Y. J. I., y Desarrollo. (2015). Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO). 1(15), 65-76.
- Galeas Lema, L. A. (2015). *Diseño de un proceso para la obtención de pectina de la corteza del limón de la variedad Tahití (Citrus latifolia Tan.)*. Quito, 2015.
- Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P., Brulé, G., y Beltrán Gracia, J. A. (2010). *Ciencia de los alimentos: Bioquímica-microbiología-procesos-productos*.
- Maldonado Culquimboz, Y., y Salazar Ocampo, S. M. (2010). Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de maushan (*vasconcella weberbaueri (harms) vm Badillo*) en dos índices de madurez provenientes del distrito de San Miguel de Soloco, región Amazonas.
- Mejía Pérez, L. A. (2000). *Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao*. Retrieved from
- Mendoza-Vargas, L., Jiménez-Forero, J., Ramírez-Niño, M. J. R. U. A., y Científica, D. (2017). Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto de cacao (*Theobroma cacao L.*). 20(1), 131-138.

- Montoya, C. G., y Gómez, C. E. P. J. R. S. d. P. (2013). El entorno comercial de la pectina en la industria alimentaria antioqueña. 4(7), 121-131.
- Morillas-Ruiz, J., y Delgado-Alarcón, J. J. N. c. d. h. (2012). Análisis nutricional de alimentos vegetales con diferentes orígenes: Evaluación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales. 32(2), 8-20.
- Muñoz Ordóñez, F. J. (2011). Extracción y caracterización de la pectina obtenida a partir del fruto de dos ecotipos de cocona (*solanum sessiliflorum*), en diferentes grados de madurez; a nivel de planta piloto. Universidad Nacional de Colombia, NMX-F-169-1984. (1984). Alimentos para humanos, Jarabes, Normativa mexicana Retrieved from México
- Ordóñez, D., Valeska, M., Galeano Juárez, K. P., Ortiz, G., y del Socorro, H. (2009). Elaboración de mango entero en sirope para darle valor agregado al mango mucho del género (*mangifera indica* L.).
- Ortiz-Valbuena, K. L., y Álvarez-León, R. J. B. C. C. D. M. D. H. N. (2015). Efecto del vertimiento de subproductos del beneficio de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre algunas propiedades químicas y biológicas en los suelos de una finca cacaotera, Municipio de Yaguara (Huila, Colombia). 19(1), 65-85.
- Palacios, J. E. Q. (2016). Análisis De Rendimiento De Una Línea De Producción De Bebidas Carbonatadas.
- Plaza, M. A. (2016). Industria del cacao. Retrieved from Riobamba
- Quimbita, F., Rodriguez, P., y Vera, E. J. R. T.-E. (2013). Uso del exudado y placenta del cacao para la obtención de subproductos. 26(1).
- Saltos, H. A. S., y Bayas, A. J. R. T.-E. (2010). Aplicación de un Diseño Experimental de Mezclas en el Desarrollo de una “Barra Energética” con base en el Salvado de Palmito de Pejibaye (*Bactris gasipaes* HBK). 23(2).
- Serrat-Díaz, M., la Fé-Isaac, D., Daniel, Á., la Fé-Isaac, D., Alberto, J., y Montero-Cabrales, C. J. R. C. d. Q. (2018). Extracción y caracterización de pectina de pulpa de café de la variedad Robusta. 30(3), 522-538.
- Seggiani, M.; Puccini, M.; Pierini, M.; Giovando, S.; Forneris, C. 2009. Effect of different extraction and precipitation methods on yield and quality of pectin. *Int. J. Food Sci. Technol.* (UK). 44(3):574- 580.

- Suarez, D., y Orozco, M. (2014). Obtención y caracterización de pectina a partir de la cascarilla de cacao *Theobroma cacao* L., subproducto de una Industria Chocolatera Nacional. Retrieved from Pereira:
- Nizama Yamunaqué, K. M. (2015). Obtención y caracterización de pectina a partir de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.).
- Smith, J., y Hong-Shum, L. (2003). Food additives data book (Vol. 56): Wiley Online Library.
- Tapia Yáñez, C. A. (2015). Aprovechamiento de residuos agroindustriales, cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad arriba y CCN51 para la elaboración de una infusión.
- Tenesaca, Y., y Geovanny, M. (2016). Métodos utilizados para evitar el pardeamiento enzimático y no enzimático en el puré de banano en la industria alimenticia.
- Torres, C. A. V., Ocampo, R. D., Rodríguez, W. M., Velasco, R. S., Chang, J. F. V., y Cedeño, C. B. J. R. E. I.-. (2016). Utilización del mucílago de cacao, tipo Nacional y trinitario, en la obtención de jalea. 7(1), 51-58.
- Upiachihua, C., y Mariza, K. (2019). Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN-51 procedente del distrito de Pajarillo-provincia de Mariscal Cáceres.
- Urango-Anaya, K. J., Ortega-Quintana, F. A., Vélez-Hernández, G., y Pérez-Sierra, Ó. A. J. I. t. (2018). Extracción Rápida de Pectina a Partir de Cáscara de Maracuyá (*Passiflora edulis* flavicarpa) empleando Microondas. 29(1), 129-136.
- Vera, Y. C., Castillo, D. C. V., y Ortega, J. D. M. J. I. A. L. R. (2016). Efecto del pre-tratamiento con ultrasonido en la extracción de pectina contenida en el albedo del maracuyá (*passiflora edulis*). 14(1), 103-109.
- Verdugo, N., y Andrade, V. (2018). Productos tradicionales y no tradicionales del Ecuador: Posicionamiento y eficiencia en el mercado internacional para el período 2013-2017. X-Pedientes Económicos, 2(3), 84-102.

7. ANEXOS

7.1. Anexo 1: DIAGRAMAS DE PROCESO

PROCESO DE ACONDICIONAMIENTO DE LA CÁSCARA DE CACAO.

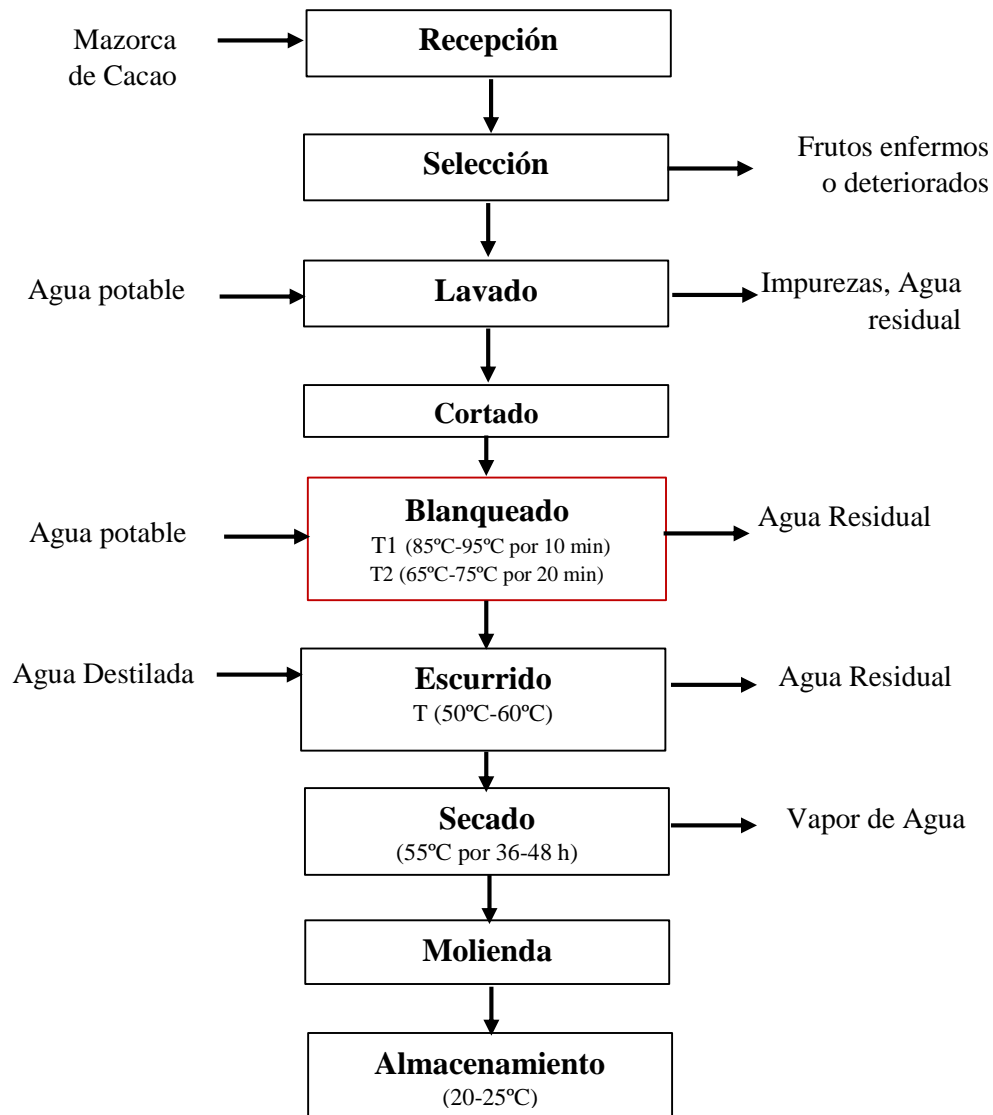


Figura.2: Diagrama de bloques del acondicionamiento de la cáscara de cacao.

Fuente:(Upiachihua y Mariza, 2019)

Elaboración: Autores

EXTRACCIÓN DE LA PECTINA

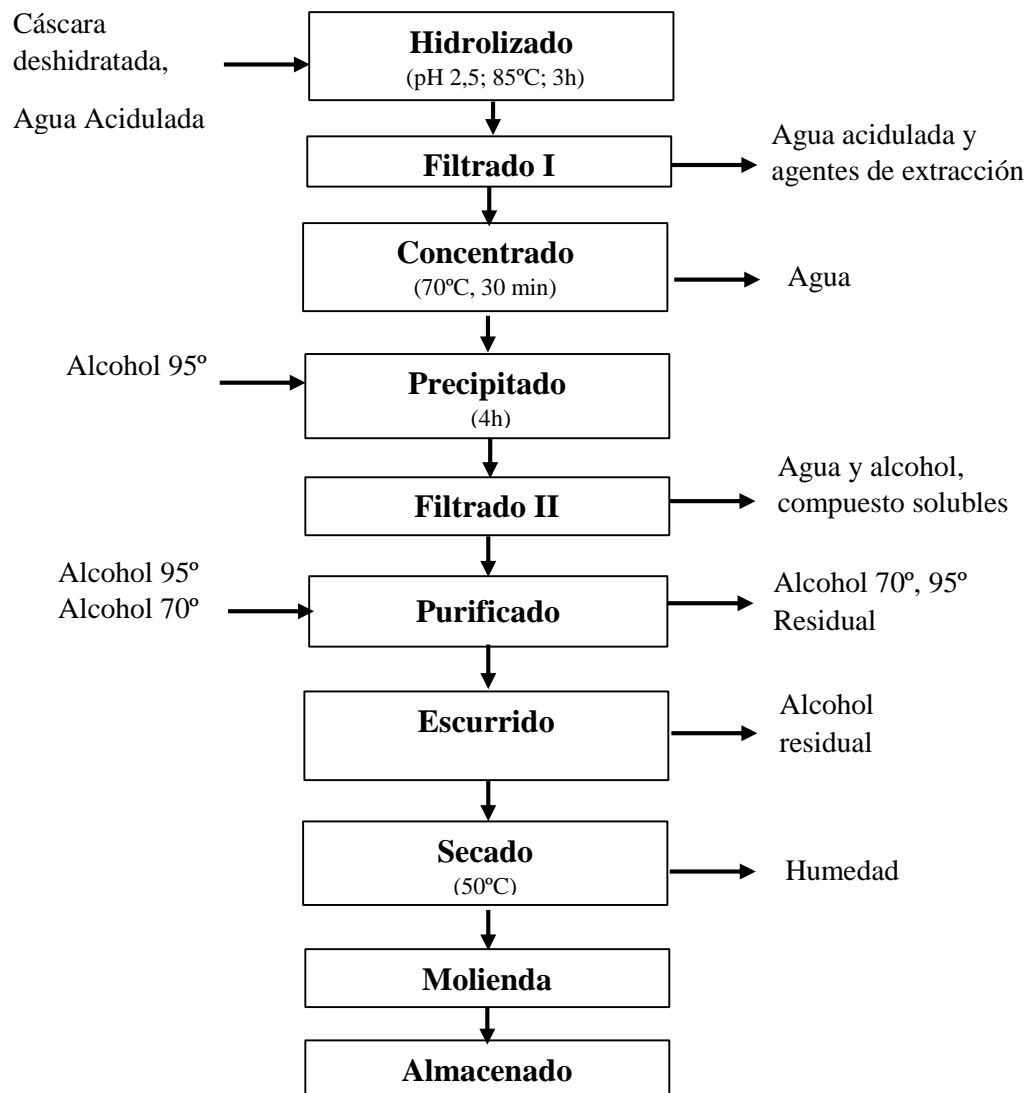


Figura.3: Diagrama de bloques del proceso de extracción de la pectina.

Fuente:(Chasquibol-Silva et al., 2008)

Elaboración: Autores

7.2. Anexo 2. HOJA DE CATACIÓN



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



PRUEBA SENSORIAL DE JARABE DEL EXUDADO DE CACAO

Nombre:	N° de catador:	Fecha:
Objetivo: Determinar mediante una escala hedónica el tratamiento con mayor aceptación por parte de los consumidores.		

Usted ha recibido 2 muestras de jarabe del exudado de cacao. Por favor proceda a degustar las muestras siguiendo el orden de las indicaciones Presentadas a continuación:

1. Deguste las muestras en el orden que se le presente.
2. Enjuáguese la boca después de cada degustación.
3. Califique cada uno de las muestra en base a la siguiente escala.

Escala

Característica	Alternativas	Punt.
Color	Me gusta mucho	5
	Me gusta	4
	Ni me gusta ni me disgusta	3
	Me disgusta	2
	Me disgusta mucho	1
Textura	Me gusta mucho	5
	Me gusta	4
	Ni me gusta ni me disgusta	3
	Me disgusta	2
	Me disgusta mucho	1
Sabor	Me gusta mucho	5
	Me gusta	4
	Ni me gusta ni me disgusta	3
	Me disgusta	2
	Me disgusta mucho	1

	Tratamientos	
	A	B
Color		
Textura		
Sabor		

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

7.3. Anexo 3. CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA PECTINA EXTRAÍDA

Tabla 6: Resultados del acondicionamiento de la cáscara de cacao.

TRATAMIENTO	P. FRESCO (g)	P. SECO (g)	P. MOLIENDA (g)	TEMP. (°C)	TIEMPO (min)	HUMEDAD (%)	EXTRACTO SECO (%)
T1	1817,12	204,05	203,68	90	20	88,77	11,23
T2	1143,76	132,61	132,52	90	10	88,41	11,59
T3	2340	315,39	314,51	70	20	86,52	13,48
T4	2290	249,57	246,34	70	89,10	10,90	

Elaboración: Autores



Figura.5: Diagrama de bloques del proceso de extracción de la pectina

Elaboración: Autores

Tabla 7: Contenido de metóxilos

Muestra	meq NaOH	de P. m del metoxilo	Peso muestra mg	Contenido metoxilo %
T1	6,58	31	500	40,80
T2	6,73	31	500	41,73
T3	6,29	31	500	39,00
T4	6,65	31	500	41,23

Elaboración: Autores

Tabla 8: Grado de Esterificación

Muestra	C	T	E	Grado Esterificación %
T1	10,3	8,8	8,2	60,59
T2	13,3	7,8	7,4	87,50
T3	12,5	6,5	8,9	81,17
T4	11,5	6	5,9	96,64

Elaboración: Autores

Tabla 9: Rendimiento de la pectina

Muestra	Pectina	Cáscaras	Rendimiento %
T1	11,24	101,84	11,04
T2	7,13	66,26	10,76
T3	16,8	157,26	10,68
T4	13,1	123,17	10,64

Elaboración: Autores

Tabla 10: Humedad de la pectina

	Caja	C+ muestra	Muestra	P.final	% Humedad
T1	46,6199	47,6297	1,0098	47,5196	11,88
T2	44,8437	45,8446	1,0009	45,7556	8,98
T3	46,695	47,6964	1,0014	47,6369	6,08
T4	46,4051	47,4065	1,0014	47,3348	7,30

Elaboración: Autores

Tabla 11: Porcentaje de Cenizas de la pectina

	Crisol	Muestra	P. final	% Cenizas
T1	14,2639	1,0012	14,3587	11,19
T2	13,7591	1,0002	13,8502	9,39
T3	18,4564	1,0033	18,4973	10,16
T4	16,4594	1,0067	16,497	14,71

Elaboración: Autores

7.4. Anexo 4 MEMORIA FOTOGRÁFICA

Acondicionamiento de la cáscara de cacao

1. Recepción de la materia prima



Las mazorcas de cacao fueron recolectadas de la Finca Agroturística Saquifracia perteneciente a la ciudad del puyo.

2. Selección de la materia prima



Se realizó una inspección externa general en las mazorcas a fin de identificar enfermedades o daños mecánicos que perjudiquen la calidad de las mazorcas.

3. Lavado de mazorcas



Las mazorcas son liberadas de impurezas, residuos mediante el uso de un cepillo y enjuagues con agua destilada.

4. Blanqueo



El Tratamiento térmico se realizó mediante el uso de un baño maría, a tiempos y temperaturas establecidas a fin de reducir el pardeamiento enzimático en la cáscara.

5. Escurrido



Todos los residuos líquidos fueron separados completamente de las cáscaras, mediante el uso de bandejas metálicas perforadas.

6. Secado



Las cáscaras fueron ubicadas dentro de una estufa encargada de eliminar la humedad manteniendo una temperatura constante de secado.

Proceso de extracción de pectina

7. Hidrolizado



El proceso se realizó con el ingreso de una mezcla de agua acidulada y el polvo de la cáscara de cacao al equipo de baño maría.

8. Filtrado



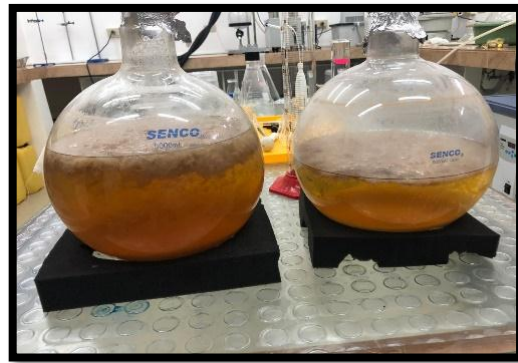
Mediante un lienzo fino se realizó la separación de los sólidos del líquido, siendo el líquido la parte que continúa en el proceso.

9. Concentrado



En el proceso interviene una rota evaporadora que permite que se retire un $\frac{1}{4}$ del total del contenido líquido.

10. Precipitado



En balones de 5 litros ingreso el alcohol en relación 1:2 lo que permitió que se precipite la pectina.

11. Filtrado



El precipitado pasó a través de un lienzo fino con el objetivo de recaudar el mayor contenido de sólido total.

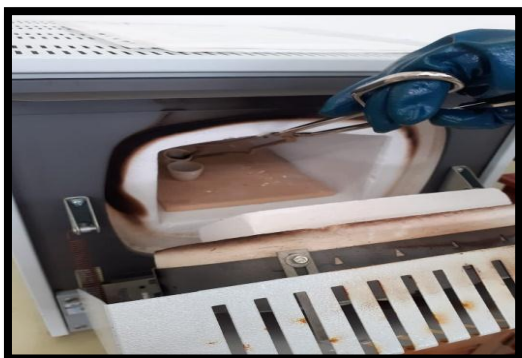
12. Almacenamiento



El contenido péctico obtenido se introdujo en fundas zipper a fin de evitar alteraciones en el producto final.

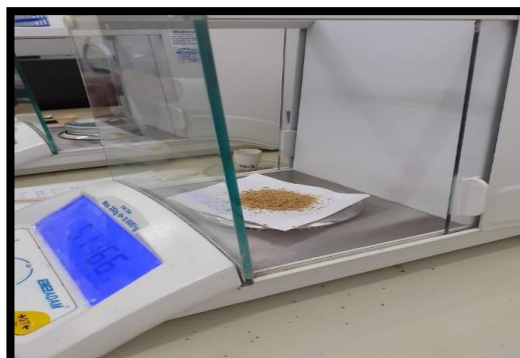
Caracterización físico química de la pectina extraída

13. Determinación de cenizas



La operación de en donde se produjo la incineración de las muestras es una de las etapas más importantes en la determinación de cenizas.

14. Determinación de humedad



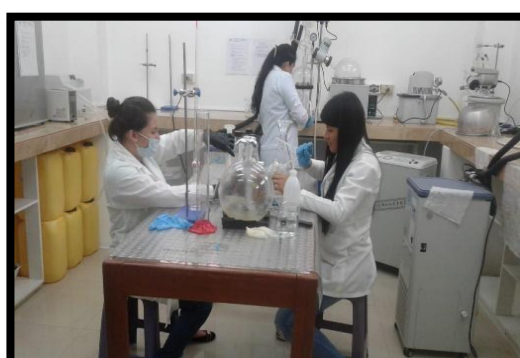
Se pesó 1g de muestra que ingresó a la estufa, misma que produjo la eliminación del agua en las muestras.

15. Determinación del contenido de metóxilos



El proceso fue realizado mediante un titulación que permitió obtener los resultados necesarios a aplicarse en la ecuación.

16. Determinación del grado de esterificación



El grado de esterificación se determinó realizando un titulación con NaOH y HCl

Elaboración de jarabe a base del exudado de cacao

17. Extracción del exudado



El total del exudado obtenido de las almendras de cacao fue recolectado como materia prima para la elaboración del jarabe.

18. Proceso de cocción



Proceso en donde se adicionan los ingredientes y se aplica elevadas temperaturas para producir el jarabe.

Evaluación Sensorial
19. Catadores semi entrenados



Los catadores recibieron el producto y demás ingredientes necesarios para realizar de la mejor manera el proceso de catación.

7.5. Anexos 5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

RESULTADOS PARA LOS TRATAMIENTOS.

Tabla 12. Análisis de la Varianza (SC Tipo III), para los tratamientos (T1, T2, T3, T4)

F.V.	SC	Gl	CM	F	Valor p
Modelo	10,05	3	3,35	0,26	0,8496
Tratamiento	10,05	3	3,35	0,26	0,8496
Error	101,58	8	12,70		
Total	111,64	11			

Fuente: Infostat

Tabla 13. Prueba de Tukey para los tratamientos (T1, T2, T3, T4)

Alfa: 0,05 DMS: 9,31773

Error: 12,6981 gl: 8

Tratamiento	Medias	N
3,00	40,61	A
1,00	41,81	A
4,00	42,53	A
2,00	43,05	A

*Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Fuente: Infostat

RESULTADOS DE PRUEBA HEDÓNICA

Tabla 14. Tabulación de prueba hedónica

N catador	Color	Textura	Sabor	Color	Textura	Sabor
1	5	5	5	5	4	5
2	4	4	5	3	3	4
3	5	5	5	5	4	5
4	5	5	5	4	4	5
5	5	5	4	4	4	5
6	5	5	4	4	5	5
7	5	4	4	3	4	4
8	4	4	4	3	3	5
9	4	2	4	4	5	4
10	5	4	4	5	5	4
11	3	4	5	5	3	4
12	5	4	5	4	3	4
13	5	5	5	4	4	4
14	5	3	5	4	4	4
15	5	4	5	4	5	4
16	5	5	4	4	5	3
17	5	5	5	4	4	2
18	5	2	5	4	4	5
19	3	3	5	3	4	4
20	4	4	5	4	3	5

Fuente: Excel

Tabla 15: Análisis de varianza del atributo color

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,60	1	3,60	8,14	0,0070
Tratamiento	3,60	1	3,60	8,14	0,0070
Error	16,80	38	0,44		
Total	20,40	39			

Fuente: Infostat

Tabla 16: Análisis de varianza del atributo textura

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,10	1	0,10	0,14	0,7136
Tratamiento	0,10	1	0,10	0,14	0,7136
Error	27,80	38	0,73		
Total	27,90	39			

Fuente: Infostat

Tabla 17: Análisis de varianza del atributo Sabor

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,60	1	1,60	3,73	0,0609
Tratamiento	1,60	1	1,60	3,73	0,0609
Error	16,30	38	0,43		
Total	17,90	39			

Fuente: Infostat

