



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA
Y VETERINARIA**
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Trabajo de integración curricular presentado al H. Consejo Directivo
de la Facultad como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

TEMA:

Caracterización de pectina de cáscara de banano *musa paradisiaca*
como una alternativa de agente coadyuvante

AUTOR:

Luisao Alexander Villamar Castillo

TUTORA:

Ing. Dayaneth Rivera Troya, MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	V
SUMMARY	VI
CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN	1
1. Contextualización de la situación problemática	1
1.1.1 Contexto Internacional.....	1
1.1.1 Contexto Nacional	2
1.1.1 Contexto Local	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación.	3
1.4. Objetivos de investigación.....	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Hipótesis.	4
CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes.....	6
2.2. Bases teóricas	8
CAPÍTULO III.- METODOLOGÍA.....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación.	15
3.1.1. Diseño de investigación	15
3.1.2. Descripción del proceso de extracción de pectina de cascara de banano por el método de hidrólisis acida	15
3.1.3. Diagrama de flujo de proceso de obtención de pectina a partir de cáscara de banano.....	17
3.1.4. Caracterización de la pectina	18

3.2. Operacionalización de variables	21
3.3. Población y muestra de investigación.....	21
3.3.1. Población.....	21
3.3.2. Muestra.....	21
3.4. Técnicas e instrumentos de medición.....	21
3.4.1. Técnicas	21
3.5. Procesamiento de datos.....	23
3.6. Aspectos éticos.....	23
CAPÍTULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1 Resultados.....	25
4.2 Discusión	29
CAPÍTULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
5.1 Conclusiones	31
5.2 Recomendaciones.....	32
REFERENCIAS	33
ANEXOS.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del banano.....	9
Tabla 2. Composición bioquímica del banano de la variedad cavendish.....	10
Tabla 3. Concentraciones de la jalea con pectina de cascara de banano	20
Tabla 4. Concentraciones de la jalea con pectina comercial	20
Tabla 5. Operacionalizacion de variables	21
Tabla 6. Técnicas de medición	22
Tabla 7. Instrumentos de medición.....	23
Tabla 8. Rendimiento de la pectina	25
Tabla 9. Humedad de la pectina de cascara de banano	25
Tabla 10. Acidez titulable de la pectina.....	25
Tabla 11. pH de la pectina	26
Tabla 12. Análisis estadístico de la prueba chi cuadrado.....	27

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se centra en la extracción de pectina a partir de la cascara de banano (*musa paradisiaca*), con el objetivo de aprovechar los residuos del sector bananero, de la cosecha del racimo de banano solo se aprovecha del 20 al 30% de su biomasa, con alrededor de un 70 a 80% por utilizar. Sección formada por el tallo de la planta, la yema, el raquis y la cáscara, la cual constituye del 35 al 40 % de la masa del plátano. El método que se empleó para la extracción es el de hidrolisis acida, la pectina es un importante aditivo que se utiliza en muchos campos de la industria alimentaria. Se realizó la caracterización de la pectina de cascara de banano, demostrando una humedad de 11 %, la cual se encuentra dentro de las normas internacionales (FAO, FCC Y EEC), en cuanto a la acidez reporto (1.85%) y presento un pH de 3.4 por lo cual se la puede clasificar como una pectina de calidad. Los resultados del análisis estadístico de la prueba de chi cuadrado (ver tabla 9) mostraron que el valor de $p (0,473) > 0,05$, por tanto, se acepta la hipótesis nula, por lo que se establece que no existe diferencia significativa del parámetro consistencia de jalea elaborada con pectina comercial vs jalea elaborada con pectina de cascara de banano.

Palabras claves: Pectina, extracción, residuos, banano, hidrolisis acida

SUMMARY

The present research project is focused on the extraction of pectin from banana (*musa paradisiaca*) peel, with the objective of taking advantage of the waste from the banana sector, from the banana bunch harvest only 20 to 30% of its biomass is taken advantage of, with around 70 to 80% still to be used. Section formed by the stem of the plant, the bud, the rachis and the peel, which constitutes 35 to 40% of the mass of the banana. The method used for the extraction is acid hydrolysis, pectin is an important additive used in many fields of the food industry. The characterization of the banana peel pectin was carried out, showing a humidity of 11%, which is within the international standards (FAO, FCC and EEC), as for acidity it reported (1.85%) and presented a pH of 3.4, for which it can be classified as a quality pectin. The results of the statistical analysis of the chi-square test (see Table 9) showed that the p value (0.473) > 0.05, therefore, the null hypothesis is accepted, so it is established that there is no significant difference in the consistency parameter of jelly made with commercial pectin vs. jelly made with banana peel pectin.

Keywords: Pectin, extraction, residues, banana, acid hydrolysis

CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN

1.1. Contextualización de la situación problemática

En el Ecuador, de la cantidad total de desechos sólidos generados en la zona urbana e identificados por los Gobiernos autónomos descentralizados municipales, se evidencia que el 55,0 % se compone de desechos orgánicos, mientras que el 45,0 % corresponde a desechos inorgánicos (INEC 2022).

El 95% de los residuos del banano provienen de las partes no empleadas de la planta. Esto se debe a que, generalmente, solo se usa el fruto con fines comerciales y de consumo, desaprovechando otras partes de la planta por parte de los cultivadores (Solano et al., 2022).

De la cosecha del racimo de banano solo se aprovecha del 20 al 30% de su biomasa, con un 70 a 80% por utilizar. Sección formada por el tallo de la planta, la yema, el raquis y la cáscara, la cual constituye del 35 al 40 % de la masa del plátano, desechos que se pueden usar para producir diversos productos de valor añadido como la fécula. (Rojas et al., 2019).

Entre el 10% al 80% son las pérdidas que se generan una vez la poscosecha de banano, estas pérdidas son producidas por accidentes mecánicos, enfermedades, maduración prematura, imperfecciones, mala manipulación, etc. La Agroindustria es un sector importante debido a que la fruta que no cumple con los requisitos de calidad por los importadores, es decir el rechazo de banano, lo utiliza para dar valor agregado mediante productos, el rechazo también es utilizado como fuente comestible para animales o para el mercado local (Vásquez et al., 2019).

1.1.1. Contexto Internacional

India es el país con mayor producción de plátanos de todo el mundo, de acuerdo a la información anunciada por la división de estadísticas de horticultura, ministerio de agricultura y bienestar de agricultores del gobierno de este país, ya que produce más de 29.563.000 toneladas métricas al año contando con alrededor

de unas 858.000 hectáreas de este cultivo en toda su extensión territorial (Rajendran & Thampi, 2019).

Se estima que la cantidad de residuos de banano a nivel mundial sería aproximadamente de entre 15.3 millones a 30 millones de toneladas métricas. En la actualidad los residuos del banano no solo contaminan el suelo, ayudan a proliferar plagas, olores desagradables y contaminación del agua, el aprovechamiento que les da las grandes compañías industriales a nivel global es casi nula, las cáscaras de banano tienen una buena viabilidad para obtener glucosa especialmente mediante parámetros químicos y biológicos, en el país como en otros, se encuentra una gran cantidad de residuos como ya se ha mencionado, la cascara de banano (Romero Bonilla et al., 2016).

1.1.2. Contexto Nacional

Según el registro del ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en el país existen cerca de 162.236 hectáreas de plantaciones de banano, en las cuales hay 4.473 fabricantes de la fruta. (Ministerio de Comercio Exterior del Ecuador, 2017).

Según la (Corporación Financiera Nacional, 2021) en el año 2020, tres provincias lideraron la producción de banano, en primer lugar la provincia de los Ríos con el 41%, seguida de la provincia del Guayas con el 26% y el Oro con 25%, dando un total de 92%.

De acuerdo a (Segarra, 2022) la producción de desechos por hectárea de cultivo de banano en el país es de aproximadamente de 194,12 toneladas. Son alrededor de 50 millones de toneladas métricas de residuos de esta plantación que se crean cada nueve meses, que es el tiempo que se demora la cosecha, Ecuador tiene disponibilidad para elaborar productos a base de los residuos del cultivo de banano ya que cuenta con 50 millones de toneladas métricas que se pueden aprovechar mediante estos servicios, el cultivo de banano genera 50 millones de Tm mientras que el cultivo de plátano genera 12 millones.

1.1.3. Contexto Local

El cultivo de banano tiene una fundamental participación en las actividades económicas tanto de la provincia de los Ríos, como para el país en general, este sector produce ingresos en moneda extranjera, que permiten un equilibrio en el comercio de las exportaciones de la provincia de los Ríos, siendo de suma importancia para las familias de la zona ya que constituyen una fuente de ganancia (Manjarrez et al., 2023).

La mayor productora de banano es la provincia de los Ríos, produce alrededor de 2,47 millones de toneladas, de esta forma abarca el 38,01% de la totalidad, seguida por la provincia del Guayas que cuenta con una producción del 24,12% dando como resultado 1,60 millones de toneladas, en tercer puesto la provincia de el oro, con aproximadamente el 24,01 de la suma total (Vera, 2019).

En lo que respecta a residuos, el banano es el cultivo que mayor cantidad de residuos genera en la provincia de los Ríos, de acuerdo a (Calderón et al., 2017) la provincia en 2014 generó alrededor de 2 048 397,75 de toneladas, aunque obtuvo un rendimiento del 25.21 % (ton/ ha/ año).

1.2. Planteamiento del problema

En el Ecuador se genera una gran cantidad de desechos provenientes del sector bananero, generando pérdidas económicas y causando una contaminación atroz al medio ambiente, por tal motivo, en este estudio se utilizó la cáscara de banano de rechazo proveniente de una hacienda bananera de la parroquia San Juan, cantón Pueblo viejo, Provincia de los Ríos, para obtener pectina, y caracterizarla con el fin de determinar su rendimiento de manera que se le dé un aprovechamiento a estos “residuos” y también generar una economía circular.

1.3. Justificación.

En el Ecuador actualmente no existe producción de pectina, el sector agroindustrial como el de medicina realizan importaciones de otras naciones, como

China, Argentina, México y Colombia. El kilogramo puede llegar a costar entre 20 a 40 dólares en estos países.

Se puede extraer pectina de la cáscara de banano, generando así un aprovechamiento de estos desechos que contaminan el entorno, agregado a esto, extraer pectina de la cáscara de esta fruta beneficiaria a las empresas y por ende a la economía local dado que este subproducto alimentario es muy cotizado en el sector.

Por ende, en este trabajo se demostró que se puede obtener pectina de calidad a partir de desechos agroindustriales y a su vez validar que es una alternativa como agente coadyuvante para la fabricación de productos alimentarios.

1.4. Objetivos de investigación

1.4.1. Objetivo general

- Caracterizar la pectina obtenida de la cáscara de banano *musa paradisiaca*

1.4.2. Objetivos específicos

- Obtener la pectina a partir de los desechos de la cáscara de banano empleando el método de hidrólisis ácida.
- Evaluar los parámetros de acidez, humedad, pH.
- Analizar la funcionalidad de la pectina de cáscara de banano como agente coadyuvante en la elaboración de una jalea de pitahaya.
- Establecer si existen diferencias estadísticas significativas en el parámetro consistencia en una jalea elaborada con pectina comercial versus una jalea con pectina de cáscara de banano

1.5. Hipótesis.

Hipótesis general: La caracterización de la pectina de banano permitirá establecer los parámetros técnicos de este material como agente coadyuvante en el proceso de jaleas.

Hipótesis para análisis estadístico

H₀ = No existe diferencia significativa del parámetro consistencia de jalea elaborada con pectina comercial vs jalea elaborada con pectina de cascara de banano

H_a = Sí existe diferencia significativa del parámetro consistencia de jalea elaborada con pectina comercial vs jalea elaborada con pectina de cascara de banano.

CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO

1.6. Antecedentes.

La pectina se utiliza ampliamente, principalmente porque es un producto seguro y no tóxico, con bajos costos de producción y altas tasas de utilización. La pectina se usa comúnmente en la industria de los alimentos como agente gelificante, espesante, estabilizador, forma hidrogeles, por lo que se usa ampliamente en productos alimenticios hidratados y glutinosos, es muy utilizado en mermeladas, zumos, postres, lácteos (Freitas et al., 2021).

Existen características de las pectinas que aprueban un manejo eficiente en la biomédica como coadyuvante en terapias de oncología e inmunología, tales como: el bajo peso molecular y los bajos grados de esterificación. Se puede obtener productos procedentes de pectina de baja masa molecular haciendo uso de una técnica de modificación más causal y novedosa, de acuerdo a una nueva investigación (Odun-Ayo & Reddy, 2023).

(Toyo et al., 2023) en su investigación tiene el propósito de obtener pectina a partir de cáscara de banano para emplearla en la elaboración de una mermelada. El trabajo de investigación fue de diseño experimental, utilizando el método de hidrólisis ácida para la obtención de la pectina, agregando ácido clorhídrico en diferentes cantidades para obtener distintos: pH (2,2; 5 y 3), tiempo (45; 60 y 75 min). El análisis de superficie de respuesta arrojó resultados significativos con un valor de ($P < 0,05$), obtuvo pectina con un rendimiento del 13,87% y contenido metoxilo de 12% gracias a los parámetros de extracción que fue de una temperatura de 85°C, pH 2 y tiempo 75 min.

Una vez culminado el proceso, se preparó una mermelada de piña con la pectina y se realizó un análisis sensorial y estadístico (ANOVA), consiguiendo niveles altos de aceptación y diferencias en las particularidades en torno al control. Como conclusión se determinó que la pectina extraída de la cáscara de banano puede ser empleada en mermeladas. Se concluye que la pectina obtenida de la cáscara de banano puede ser aplicada en mermeladas.

(Vázquez et al., 2020) en su trabajo de investigación, propuso obtener pectina a partir de cáscara de plátano Roatán (*Musa paradisiaca* var. Cavendish) mediante el método de hidrólisis ácida. Como primeros puntos del proceso, procedió a realizar un lavado y troceado de la cáscara del plátano. Después se realizó la inactivación enzimática péptica mediante la hidrólisis a pH 1.0, 2.0 y 3.0 a temperatura de 80°C, se llevó a cabo el proceso de filtrado con el alcohol etílico y se llevó a secar a una temperatura de 60°C por aproximadamente unas 5 horas. A la pectina se le hizo una caracterización, el cual se determinó el espectro infrarrojo, contenido de cenizas, humedad y metoxilo.

Los resultados de rendimiento que se obtuvieron fueron de 3.9, 1.2 y 2.8% a pH 1.0, 2.0 y 3.0 respectivamente. Por otra parte, el espectro de la pectina mostró bandas a 3307.72 cm⁻¹ (OH), 2923.59 cm⁻¹(CH), 1733.19 cm⁻¹ (C=O), 1636.04 cm⁻¹ el grupo (COO), entre los 1013.76, y 1075.48 cm⁻¹ (C-O) y 886.66 cm⁻¹, valores de humedad de 6.4, 7.0 y 7.3%, cenizas 1.5, 2.03, y 2.1%, metoxilo 6.9, 5.7, 6.1% a pH 1.5, 2.5 y 3.0 respectivamente.

(Toyo et al., 2021) en su investigación titulada “Extracción de pectina mediante hidrólisis ácida de la cáscara de cambur (*Musa paradisiaca*)” realizaron extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida de la cáscara de banano, para esto se utilizaron cáscaras de color amarillo y se le realizaron los parámetros fisicoquímicos. Se agregó ácido clorhídrico y se obtuvieron varios pH (2,2; 5 y 3), con tiempos de entre 45; 60 y 75 minutos y la temperatura (80; 85 y 90 °C), las respuestas se obtuvieron mediante rendimiento. El análisis fisicoquímico reportó: humedad 10%±0,4, pH 4,8±0,3, proteína cruda 4,3%±0,5, extracto etéreo 5,5%±0,3, azúcares totales 12,7%±0,2, azúcares solubles 5,5%±0,08 y cenizas totales 13,46%±0,07.

El análisis de superficie de respuesta arrojó resultados significativos, las cuales las condiciones óptimas son: temperatura 85°C, pH 2 y tiempo 75 min con el fin de obtener un 13,87% de rendimiento, concluyendo de que es factible la extracción de la pectina.

(Tugon et al., 2023) en su investigación titulada “Caracterización de la pectina de cáscara de plátano (*Musa acuminata* Colla) como posible excipiente farmacéutico”

Propone estudiar las características de la pectina de cáscara de banano como un potencial medicamento. Realizaron varias pruebas para determinar las propiedades de la pectina obtenida a través de análisis organolépticos, parámetros como acidez (pH), la solubilidad, el peso equivalente, la concentración de metoxilo, la concentración de ácido galacturónico, el grado de esterificación, el contenido de humedad y el contenido de cenizas. La pectina extraída resulto con características positivas, un color blanco e inodoro, obteniendo un pH de 6,0, con solubilidad al agua, no soluble al etanol al 96%, con una masa de aproximadamente 5.000 mg. Se obtuvo la concentración de metoxilo de 2,6%, la concentración de ácido galacturónico de 73.92%, el grado de esterificación de 20.19%, el contenido de humedad de 7.13% y el contenido de cenizas de 1.6%.

La pectina obtuvo un rendimiento del 17.19 %, por lo que se puede utilizar para varias aplicaciones, tanto como espesante, gelificante y potencial farmacéutico.

1.7. Bases teóricas

1.7.1. Generalidades del cultivo de banano

(Martínez-Solórzano & Rey-Brina, 2021) afirma que el banano es una de las frutas más antiguas cultivadas y es considerado como un cultivo muy evolucionado.

(Martínez-Solórzano y Rey-Brina 2021) “se han llevado a cabo varias investigaciones arqueológicas que revelan hallazgos de las primeras plantas en el sudeste asiático en Papúa Nueva Guinea, donde se cree fue domesticado por campesinos hace 7000 a 10 000 años”.

1.7.2. Taxonomía del banano

En la tabla 1 se observa la composición taxonómica del banano

División	magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Zingiberales
Familia	Musácea

Género	Musa
Especie	Paradisiaca
Nombre	Musa paradisiaca L.

Tabla 1. Taxonomía del banano (Murillo, 2021).

1.7.3. Morfología del banano

La planta del banano es herbácea perenne gigante, cuenta con un rizoma corto y tallo aparente, el cual es producto del enlace de las vainas foliares, cónico y de 3.5 – 7.5 metros de altura, culminado en una corona de hojas. Entre siete a nueve hojas grandes y desarrolladas la componen esto mucho antes de que las flores y el tallo crezcan. Las hojas son muy grandes en forma de espiral, de 2- 4 cm y hasta de medio metro de ancho, cuenta con muchos nervios y paralelos, las hojas más antiguas mueren concurridamente antes de la inflorescencia.

En ocasiones el pseudotallo se oculta debido a que los peciolos se van secando, se inclinan y la hoja guinda hacia la parte inferior. El tallo de la planta del banano es como un rizoma grande, almidonoso, cuando la planta florece y da sus frutos, las yemas que la componen se van desarrollando, conforme cada chupón del tallo subterráneo va alcanzado su punto de madurez, su último brote se va transformando en una inflorescencia debido a que es impulsada hacia la parte superior desde dentro del suelo por el aumento de medida del tallo, emergiendo encima del pseudotallo (Ojeda, 2018).

La longitud y el tamaño del pseudotallo son parámetros físicos fundamentales desde la percepción morfológica y fenotípica de las plantaciones del banano, el desarrollo y el rendimiento del banano tienen influencia de estos parámetros, es decir que la evaluación morfológica y fenotípica es vital para producir y llevar un control en el campo. Se utiliza la tecnología de reconstrucción 3D para realizar este proceso dado que la medición tradicional es infructuosa (Miao et al., 2022).

A lo largo del tiempo han surgido nuevos clones en todas las variedades de bananos. Estos aparecen como consecuencia de las mutaciones genéticas. Las estadísticas morfológicas en una muestra o población son finitas, debido a que

pueden estar influenciadas por el clima, por este motivo, no se puede comprobar la capacidad genética de las poblaciones (Baysal & Ercişli, 2022).

1.7.4. Banano variedad Cavendish

Según Carrera, (2011) citado por (Washington & Vera, 2018) la variedad Cavendish tiene una superficie foliar muy grande, un pseudotallo o tallo falso notablemente grueso y muy duradero, de raíces voluptuosas y resistente. Sumado a esto, argumenta que el fruto de esta variedad tiene un volumen normal, aspecto curvado y cuando está en maduración presenta un color amarillo verdoso.

1.7.5. Composición bioquímica del banano variedad Cavendish

La tabla 2. muestra la composición bioquímica del banano variedad Cavendish

Humedad (%)	Calcio (mg) 139
Energía (cal) 94	Fósforo (mg) 20
Proteína (g) 1.3	Hierro (mg) 0.8
Lípidos (%) 0.9	Beta caroteno (ucg) 75
Carbohidratos totales (%) 22.7	Tiamina (mg) 0.04
Fibra (%) 0.3	Rivoflavina (mg) 0.04
Ceniza (%) 0.7	Niacina (mg) 0.8
	Ácido ascórbico (mg) 10

Tabla 2. Composición bioquímica del banano de la variedad Cavendish (Washington & Vera, 2018)

El banano apenas contiene proteínas (1,2%) y lípidos (0,3%), aunque su contenido en estos componentes supera al de otras frutas. En su composición destaca su riqueza en hidratos de carbono (20%), (Molina, 2018).

1.7.6. Cáscara de banano

Arun et al., (2015) citado por Rojas et al. (2019) Sostiene que la cáscara de banano presenta vitaminas como ácido ascórbico (0,08 mg.100 g⁻¹), riboflavina (0,065 mg.100 g⁻¹), niacina (0,12 mg. 100 g⁻¹) y ácido fólico (33,12 mg.100 g⁻¹).

Las cáscaras de banano se pueden utilizar como fuente de extracto de pectina, ayudando a resolver los conflictos que presenta el medio ambiente asociado a la acumulación de residuos de la agroindustria (Vázquez et al. 2020).

1.7.7. Valor nutricional de la cascara de banano

El cultivar y el grado madurez influyen en la propiedad nutritiva de las cáscaras de banano debido a que la cáscara mientras más se madure, el contenido de lignina aumentará obteniendo entre 7 a 15% de materia seca. Alrededor de un 40% de almidón están presentes en las cáscaras secas, este almidón se convierte en azúcar después de la maduración. Las cáscaras de banano verde no cuentan con mucho almidón (aproximadamente 15%), por otra parte, las de banano maduro llegan a alcanzar un 30% de azúcares libres. Con el aprovechamiento de las cáscaras se puede obtener etanol, celulosa, lacasa y utilizar como fertilizante, gracias a sus propiedades (Hikal et al., 2022).

1.7.8. Composición química de la cáscara de banano

Existen muchos nutrientes y minerales en la cáscara de banano, como también se encuentran proteínas brutas en una cantidad de $1,95 \pm 0,14\%$, grasa bruta $5,93 \pm 0,13\%$, y $11,82 \pm 2,17\%$ de carbohidratos, la cáscara de esta fruta también está compuesta por fósforo, hierro, calcio, magnesio y sodio, otros elementos la componen, pero en menor cantidades, tales como el zinc, potasio, manganeso y cobre (Hikal et al., 2022).

1.7.9. Pectina

Las pectinas son polisacáridos híbridos que contienen una alta masa molar, que a su vez componen un papel clave en la parte estructural celular de las plantas, se pueden localizar en la lámina media, como también en las membranas celulares primarias, secundarias y vegetativas. (Rubiano Gonzalez et al., 2022).

La pectina posee una gran demanda en el sector alimentario por lo que cuenta con un amplio campo de aplicaciones. De las cuales se puede mencionar la elaboración de compotas y jaleas. También se usa como agente coadyuvante en la preparación de otros alimentos como mermeladas, lácteos, etc. También se aplica en emulsiones para estabilizarla, tiene propiedades viscosantes en líquidos, sirve como estabilizador para postres como helados, etc. (Ramos et al., 2018).

La pectina está formada principalmente por ácido galacturónico, gracias a su capacidad de gelificación y de absorción es ampliamente usada en la agroindustria, las pectinas contienen geles que son fundamentales para la creación o para cambiar la textura de productos alimenticios como salsas, compotas, confites. las fuentes más importantes de pectinas comerciales se extraen de la manzana y de la cascara de las frutas que contienen cítricos (Serrat et al., 2018).

La mayor cantidad de sustancias pépticas se encuentran en las cáscaras de frutas que sean denominadas como cítricos, con aproximadamente el 25%, otra fuente importante de pectina se puede encontrar en las manzanas, con un rendimiento del 15 al 18% de pectina. También se puede encontrar pectina en otras frutas como mango, guayabas, etc. La característica de la planta influye en las capacidades físicas (tiempo de gelificación) y químicas (grado de esterificación, viscosidad y ácido galacturónico), otras variables importantes a tomar en cuenta son el estado de madurez y que método de extracción se va a emplear (López Párraga et al., 2015).

1.7.10. Clasificación de las pectinas

Según (Sears, 2020) Las pectinas se clasifican en base al grado de metoxilación (DM) en 2 grupos:

HM (Alto metoxilo) γ DM \geq 50% de grupos metoxilos

LM (Bajo metoxilo) γ DM \leq 50% de grupos metoxilos

1.7.11. Pectinas de alto metoxilo (hm)

- Las pectinas de alto metoxilo tienen una alta viscosidad que pueden formar geles fuertes.
- Este tipo de pectinas son termo resistentes.

Con un rango de 60% a 80% de sólidos solubles (TSS) se pueden formar geles fuertes, siempre y cuando también el ácido galacturónico del polímero se encuentre más del 50% esterificados con metanol, pueden llegar a formar geles en pH entre 2,8 y 3,5.

1.7.12. Pectinas de bajo metoxilo (lm)

Llegan a actuar como un espesante de acuerdo a la dosificación y la temperatura a la que se hidrata, se clasifican en pectinas de bajo metoxilo convencionales y las amidadas. Estas pectinas necesitan fundamentalmente la aparición de cationes divalentes, como lo es el calcio, sus grupos hidroxilos no llegan a esterificarse al 50%, estas pectinas llegan a formar geles en pH de 2, 3.6 o superior.

1.7.13. Condiciones de gelificación

- Necesitan el calcio para crear geles
- Son capaces de gelificar con pH muy grandes y valores bajo de Brix

1.7.14. Técnicas empleadas para la extracción de pectina

Existen varias técnicas para realizar el proceso de extracción de pectina de las paredes vegetales de las frutas, como la hidrodestilación, la de extracción por arrastre de vapor, enzimática, no obstante, la más empleada a nivel industrial es la extracción por hidrólisis ácida, en esta técnica se puede utilizar ácido sulfúrico, ácido cítrico, fosfórico o clorhídrico, con tiempo de entre 1-3 h a una temperatura proximal a 100 °C. hay que mencionar que en estas condiciones disminuyen tanto la calidad como el rendimiento de la pectina, debido al deterioro térmico de sus proteínas (Pacheco et al., 2022).

Usualmente por medios de solventes se logra la extracción de pectinas, como otros compuestos. El metanol uno de los más conocidos, hay que mencionar que no dan una confiabilidad en muchos casos ya que deben ser removidos totalmente antes de usar el extracto. Por motivo de esto la extracción común lleva un tiempo más extendido. Estas técnicas tienen muchas limitaciones respecto a la recuperación, y poca extracción, aunque cabe destacar que son las más fáciles de realizar ya que no necesitan de equipos avanzados (Dario et al., 2020).

1.7.15. Hidrólisis acida

Este método se caracteriza por su alta temperatura, alrededor de los 90 °C, por cerca de 1 hora. A través de un proceso de acidulado las pectinas se logran extraer de los residuos de varias frutas. Normalmente se usa ácido como el clorhídrico, cítrico, nítrico, etc. Una vez culminado este proceso la pectina se lleva a precipitación con la ayuda de alcohol etílico, se lleva a una estufa por varias horas (6-12 horas) a temperaturas de entre 40 °C- 60 °C, luego se lleva a molienda (Vera, 2020).

1.7.16. Mercado global

En 2016, alrededor de 60.000 toneladas métricas de pectina se comercializó en el mercado internacional, y se prevé que se incremente el doble para el año 2020, llegando a la suma de 2.4 billones de dólares. Latina américa tiene un potencial muy grande gracias a su ubicación geográfica y a sus tierras fértiles, esto puede ser aprovechada como una fuente económica, para ganar territorio en el mercado de pectina, ayudando a su abastecimiento interno como también fortaleciendo la competitividad (Alvarado et al., 2021).

CAPÍTULO III.- METODOLOGÍA

1.8. Tipo y diseño de investigación.

En el desarrollo de la investigación se aplicó un tipo de investigación cuantitativa de tipo experimental con un análisis causal debido a que se realizó el proceso de extracción de pectina de cáscara de banano en laboratorio, manipulando tanto reactivos como variables (PH, acidez, humedad y poder de gelificación) una vez finalizada la extracción.

Se llevó a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica referente a la composición de la cáscara de banano y de los diversos métodos que existen para la extracción de pectina.

1.8.1. Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue cuantitativo, se compiló información relevante para determinar el proceso para obtener la pectina, se realizó una extracción usando 4500 gramos de cáscara de banano en total, previamente lavadas, troceadas y escaldadas, llevando control de factores como temperatura y pH, se pudo obtener pectina utilizando el método de hidrólisis acida, se determinó el rendimiento total y la caracterización físico química de la pectina.

1.8.2. Descripción del proceso de extracción de pectina de cascara de banano por el método de hidrolisis acida

Recepción de la cáscara de banano: Se recolectaron aproximadamente 15 kg de cáscaras del rechazo de banano procedente de la hacienda Charito 2, ubicada en la parroquia San Juan, cantón Pueblo Viejo, Provincia de los Ríos.

Limpieza: Se realizó una limpieza con agua con el fin de remover partículas extrañas de las cascaras

Pesado y Troceado: En una balanza se pesaron 4500 gramos de cáscara de banano sin pulpa, posteriormente se procedió a realizar un troceado para facilitar el proceso de hidrólisis ácida.

Inactivación enzimática: Las cascaras son llevadas a un proceso de escaldado a una temperatura de entre 80 – 90 °C durante 5 minutos con el fin de inactivar enzimas o eliminar microorganismos.

Extracción de pectina por el método de hidrólisis ácida

Para el proceso de hidrólisis ácida a 4750 gramos de cascará de banano cortada, previamente lavadas, se le agregó agua destilada en una proporción de 1:2 (1 kilo/2 litros), es importante agregar ácido cítrico para obtener un pH de entre 2 a 2.5, luego la mezcla se llevó a calentamiento durante 45 min a 80 y 90 °C realizando agitaciones.

Filtración: Este proceso se realizó a través de una tela quesera más la ayuda de papel filtro, con el fin de separar el material sólido del líquido, donde se encuentra la pectina.

Enfriamiento: Pasado el tiempo, la mezcla se enfrió a 20°C por aproximadamente 15 minutos.

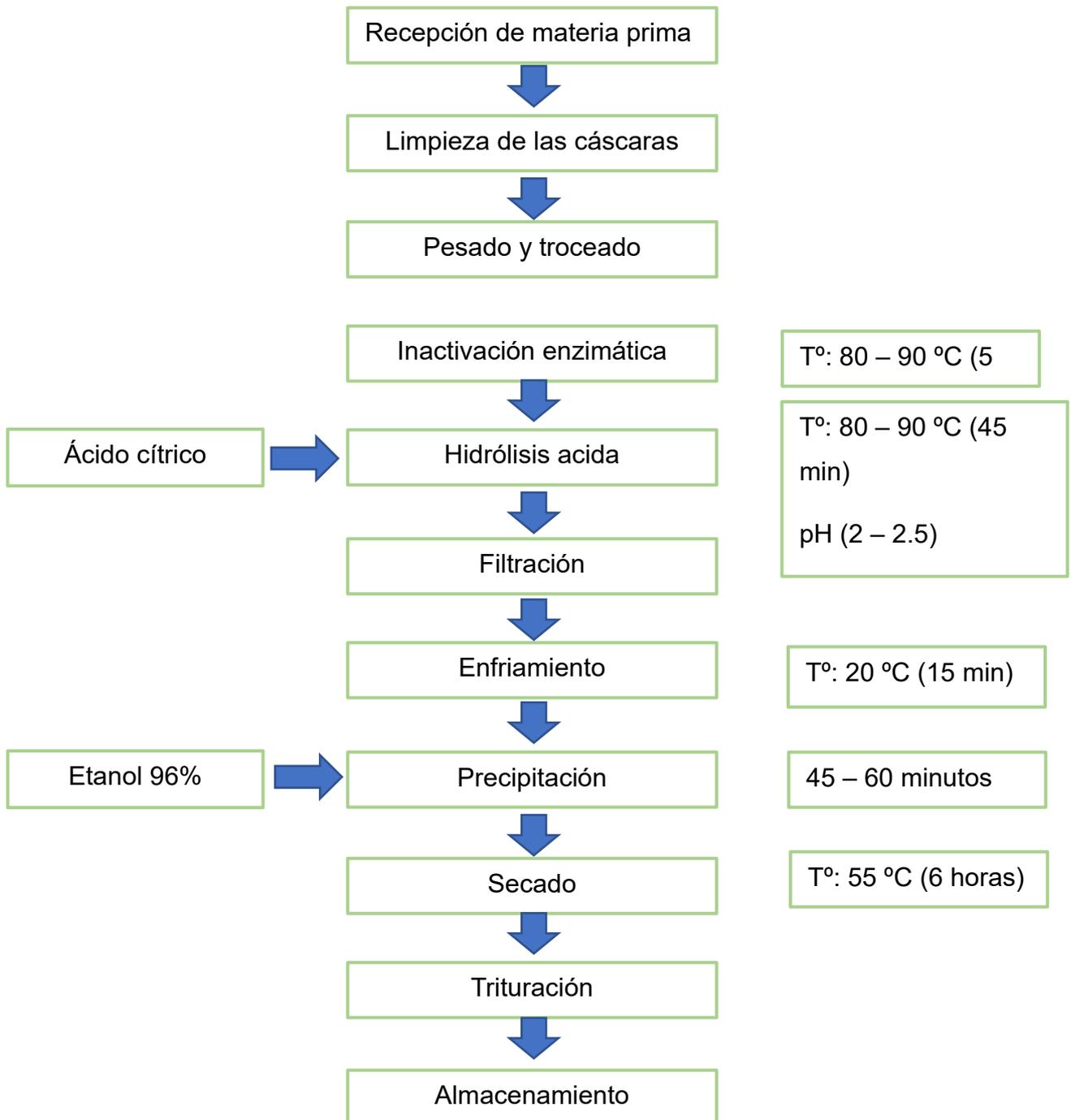
Precipitación: La solución líquida es llevada a un proceso de precipitación con alcohol etílico al 96% p/v y se deja reposar por un tiempo aproximado de entre 45 a 60 minutos.

Secado: La pectina húmeda se secó en una estufa a una temperatura de 55 °C durante 6 horas.

Trituración: La masa sólida resultante se trituró utilizando un mortero

Almacenamiento: La pectina se almacenó en bolsas herméticas correctamente rotuladas.

1.8.3. Diagrama de flujo de proceso de obtención de pectina a partir de cáscara de banana



1.8.4. Caracterización de la pectina

1.8.4.1. Rendimiento

Se determinó el rendimiento de la pectina extraída a partir de la cáscara de banano mediante la siguiente formula descrita por (Párraga et al., 2015).

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

Donde:

Peso final corresponde a la pectina extraída en gramos

Peso inicial corresponde a la cantidad de cáscara de banano que se utilizó para realizar la extracción.

1.8.4.2. Determinación de humedad

Para la determinación de humedad se utilizó el (Método AOAC 930.15) descrito por la AOAC (Association of Official Analytical Chemistry), se determinó el contenido de agua disponible presente en la pectina por el método del secado de la estufa.

En una balanza analítica, previamente tarada, se pesan 10 gramos de la pectina en una placa Petri.

Se coloca en una estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por aproximadamente 2.5 horas

Cuidadosamente se coloca en un desecador y se deja enfriar por 30 minutos

La humedad se calcula con la siguiente formula:

$$\% \text{ humedad} = \frac{(p1-p2)}{m} \times 100$$

Donde:

P1 = peso de la placa Petri más la muestra húmeda (g)

P2 = peso de la placa Petri más la muestra seca (g)

M = peso de la muestra húmeda (g)

1.8.4.3. Determinación de acidez titulable

Para la medición de acidez titulable se tomó como referencia el (método analítico AOAC 942.15,2000). La acidez se determinó por métodos volumétricos. Esta medición se realizará mediante una titulación con Hidróxido de sodio 0,1 mol/L, como también se usó Fenolftaleína C₂₀H₁₄O₄) como indicador.

- Se disuelve la muestra en una proporción 1:1 (1 de muestra y 1 de agua destilada)
- Se realiza un proceso de filtración con ayuda de papel filtro, para obtener una sustancia más líquida y así obtener mejor resultado
- Se procede al proceso de titulación colocando la muestra en un matraz volumétrico de 250 ml
- Tomar 50 ml de la muestra y colocar en un frasco Erlenmeyer de 125 ml
- Se alista la bureta con NaOH 0.1 N
- Se agregan 3 gotas de fenolftaleína
- Titular hasta observar un color rosado claro que permanezca 30 segundos
- Se toma nota de la solución de NaOH 0.1 N que se gastó en la titulación (Vega, 2017).

Fórmula para calcular acidez: $X \times 100$

$$\text{Acidez} = \frac{N \times V_1 \times \text{Peso Eq}}{W \times 1000} \times 100$$

1.8.4.4. Determinación de pH

La medición de pH se realizó bajo la normativa NTE INEN-ISO 1842:2013, donde se utilizó un pH-metro calibrado.

1.8.4.5. Valoración organoléptica

Se evaluó la consistencia y sabor de la jalea de pitahaya a través de una prueba pareada discriminadora aplicada a 30 panelistas.

1.8.4.6. Determinación del poder gelificante en jalea

Se midió el poder de gelificación mediante la aplicación de la pectina extraída en la elaboración de una jalea de pitahaya y se comparó con una jalea de similares características, pero aplicando pectina comercial, con el fin de observar las diferencias en la consistencia y en la capacidad de formar geles de cada pectina.

Diseño de los tratamientos con las concentraciones

En la tabla 3 y 4 se mencionan las concentraciones que se usaron en la jalea de pitahaya con pectina de cascara de banano y pectina comercial.

Pectina de cáscara de banano	Pulpa de pitahaya	Azúcar	Ácido cítrico	Jalea
2 %	57 %	40 %	1 %	100 %

Tabla 3. Concentraciones de la jalea con pectina de cascara de banano

Pectina comercial	Pulpa de pitahaya	Azúcar	Ácido cítrico	Jalea
1 %	58 %	40 %	1 %	100 %

Tabla 4. Concentraciones de la jalea con pectina comercial

Variables a medir en el diseño:

Variables organolépticas: Sabor y consistencia

Variables físico químicas: Acidez, humedad, pH

Las variables que se van a medir en el diseño estadístico:

Variable dependiente: Consistencia

Variables Independientes: pectina comercial y pectina de cascara de banano en jalea de pitahaya.

1.9. Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicadores
Variables dependientes	Físico químico Organolépticos	(Acidez, Ph, Humedad) Sabor y consistencia
Variable independiente	Pectina	(g)

Tabla 5.Operacionalizacion de variables

1.10. Población y muestra de investigación.

1.10.1. Población.

No aplica población en este proyecto

1.10.2. Muestra.

La muestra correspondiente a las cáscaras de banano libres de suciedad, corresponde a 4750 gramos.

Panel sensorial: Se escogieron 30 panelistas y se realizó a través de una prueba de tipo pareada discriminatoria para conocer la consistencia y el sabor de las Jaleas.

1.11. Técnicas e instrumentos de medición.

1.11.1. Técnicas

Variables	Dimensión	Indicadores	Técnicas
Variables dependientes	Físico químicos	pH Acidez titulable	INEN 1842:2013 AOAC 942.15, 2000

		Humedad	AOAC 930.15
	Organolépticos	Sabor y consistencia	Prueba analítica discriminadora con diferenciación (pareada)
Variables independientes	Pectina	(g)	Formula descrita por Párraga (2015)

Tabla 6. Técnicas de medición

1.11.2. Instrumentos

Variables	Dimensión	Indicadores	Instrumentos
Variables dependientes	Físico químicos	Ph	Potenciómetro
		acidez titulable	Bureta, pipetas
	humedad	Estufa	
	Organolépticos	sabor y consistencia	Prueba analítica discriminadora con diferenciación (pareada)

Variables independientes	Pectina	(g)	Formula descrita por Parraga (2015)
--------------------------	---------	-----	-------------------------------------

Tabla 7. Instrumentos de medición

1.12. Procesamiento de datos.

El panel sensorial se valoró estadísticamente utilizando un nivel de significancia del 5% y un nivel de confianza de 95 % mediante el software SPSS.

1.13. Aspectos éticos.

Esta investigación siguió estrictamente todos los lineamientos concretados en el instructivo de UIC de la UTB.

Artículo 58.- De los Estudiantes

Para la aprobación de la UIC, se generará un reporte del software Anti - plagio que disponga la UTB, para garantizar la aplicación de aspectos éticos, con los que el estudiante demostrará en todo momento honestidad académica, principalmente al momento de redactar sus trabajos.

Artículo 59.- De los Docentes

Los docentes actuarán de conformidad a lo establecido en el Código de Ética de la UTB, y demostrarán en todo momento honestidad académica, principalmente al momento de orientar a sus estudiantes en el desarrollo de la UIC.

Artículo 60.- Criterios de similitud en la Unidad de Integración Curricular

Los niveles de Similitud se evidenciarán en el reporte del sistema Anti-plagio

Criterios de Similitud.

Porcentaje	criterio de similitud
1 al 20%	Muy baja similitud (TEXTO APROBADO)
21 al 25%	Baja similitud (Se comunica al autor para corrección)
26 a 40%	Alta similitud (Se comunica al autor para revisión y corrección)

Mayor a 41% Muy alta similitud (TEXTO REPROBADO) (Universidad técnica de Babahoyo, 2021)

CAPÍTULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.14. Resultados

Rendimiento:

Para calcular el rendimiento de la pectina se tuvo en cuenta la cantidad de cáscara utilizada durante la extracción (4750 g) y los gramos obtenidos de pectina (36.96 g).

En la tabla 8 se puede observar el rendimiento que se obtuvo de la pectina

Materia prima (g)	Pectina seca (g)	Rendimiento (% p/p)
4750 g	36.96 g	0.77 %

Tabla 8. Rendimiento de la pectina

De la pectina extraída a partir de la cáscara de banano se obtuvieron los siguientes resultados de la caracterización:

Humedad

En la tabla 9 Se muestra la humedad que presento la pectina de cascara de banano

Parámetro	Unidad	Resultado	Especificaciones internacionales (FAO, FCC, EEC)
Humedad	%	11%	Max. 12

Tabla 9. Humedad de la pectina de cascara de banano

Acidez titulable

En la tabla 10 se muestra la acidez que presento la pectina

Parámetro	Unidad	Resultado
Acidez	%	1.85

Tabla 10. Acidez titulable de la pectina

pH

En la tabla 11 se puede observar el pH que se obtuvo de la pectina

Parámetro	Resultado
pH	3.4

Tabla 11. pH de la pectina

Resultados del panel sensorial

Los resultados del panel sensorial se elaboraron a través de una prueba analítica discriminadora con diferenciación de tipo pareada aplicada a 30 panelistas.

Las dos muestras de jalea fueron codificadas con los siguientes códigos:

0739: jalea con pectina comercial

8693: jalea con pectina de cascara de banano

Consistencia

Como se puede comprobar en la (figura 1), el 63% de los panelistas eligieron la consistencia de la jalea con pectina comercial.

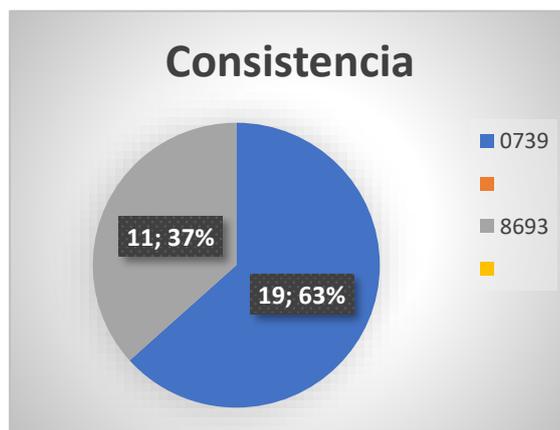


Ilustración 1. Consistencia de la jalea

Sabor

En cuanto a sabor, como se puede observar en la (figura 2.), el 53 % de los panelistas eligieron la jalea con pectina comercial y el 47% restante eligió a la jalea con pectina de cascara de banano.

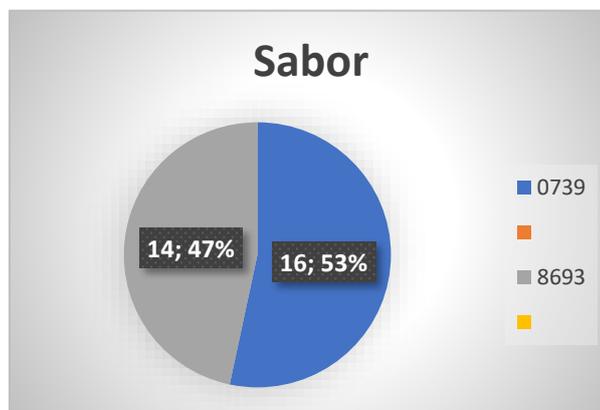


Ilustración 2. Sabor de la jalea

Análisis estadístico

Del análisis estadístico de la prueba chi cuadrado para datos cualitativos se obtuvo los siguientes resultados que se muestran en la tabla 9.

La tabla 12 muestra el valor p de 0,473 para la prueba realizada

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi cuadrado de Pearson	27,487	28	,473
Razón de verisimilitud	36,657	28	,121
Asociación lineal por lineal	1,127	1	,288
N de casos validos	30		

Tabla 12. Análisis estadístico de la prueba chi cuadrado

H₀ = No existe diferencia significativa del parámetro consistencia de jalea elaborada con pectina comercial vs jalea elaborada con pectina de cáscara de banano.

H_a = Si existe diferencia significativa del parámetro consistencia de jalea elaborada con pectina comercial vs jalea elaborada con pectina de cáscara de banano.

1.15. Discusión

De la pectina extraída a partir de la cáscara de banano utilizando 4750 gramos de materia prima se pudo extraer 36.96 gramos de pectina seca obteniendo un rendimiento de 0.77 %.

En cuanto a la caracterización físico química de la pectina se determinó que tuvo una humedad del 11%, porcentaje similar a lo establecido por (Toyo et al., 2021) el cuál presentó 10% de humedad, mientras que (Vázquez et al., 2020) reportó una humedad de 7% en su extracción de pectina a partir de la cáscara de plátano Roatán.

La acidez que se determinó de la pectina de cáscara de banano fue de 1.85 %, porcentaje parecido a lo obtenido por (Vega, & Morales, 2017) el cual obtuvo un promedio de 1.82% para todos los tratamientos que realizó con las dos variedades de platano que utilizó en su investigación.

Mientras que la caracterización del pH se obtuvo un resultado de 3.4, si se compara con (Toyo et al., 2021) que en su investigación obtuvo una pectina con un pH de 4.8 se establece que la pectina de cáscara de banano es de calidad y tiene un poder gelificante considerable, ya que tiene un pH similar a las pectinas comerciales como por ejemplo la JAUNE (3.2 - 3.5).

Los resultados del análisis estadístico de la prueba de chi cuadrado (ver tabla 9) mostraron que el valor de $p(0,473) > 0,05$, por tanto, se acepta la hipótesis nula, por lo que se establece que no existe diferencia significativa del parámetro consistencia de jalea elaborada con pectina comercial vs jalea elaborada con pectina de cáscara de banano.

El panel sensorial realizado a los 30 panelistas demostró que el 63% de los panelistas le gusto la consistencia de la jalea con pectina comercial y al 37% restante la jalea con pectina de cáscara de banano, en cuanto a sabor, el 53% de los panelistas eligieron la jalea con pectina comercial y el 47% la jalea con cáscara de banano, por lo que no existe una diferencia significativa en cuanto a la

consistencia y sabor del producto, por lo que se puede argumentar que la pectina de cáscara de banano tiene una gran capacidad de gelificación, similar a la pectina comercial.

CAPÍTULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Con el presente proyecto se pudo corroborar que, si se puede extraer pectina a partir de la cáscara de banano, aprovechando los residuos que produce el sector bananero, ayudando a mitigar el impacto ambiental que genera, como también a contribuir a una economía circular.

Se realizó la caracterización de la pectina de cáscara de banano, demostrando una humedad de 11 %, la cual se encuentra dentro de las normas internacionales (FAO, FCC Y EEC), en cuanto a la acidez reporto (1.85%) y presento un pH de 3.4 por lo cual se la puede clasificar como una pectina de calidad. La pectina de cascara de banano es viable para reemplazar a la pectina comercial que suelen ser muy costosas.

Respecto al poder de gelificación de las pectinas se puede concluir que la pectina comercial tiene una ligera ventaja ya que en la elaboración de la jalea solo se utilizó al 1 % de la concentración total, mientras que la pectina de cáscara de banano se usó al 2% de la concentración total.

Los resultados del análisis estadístico de la prueba de chi cuadrado mostraron que el valor de p (0,473) $>$ 0,05, por tanto, se acepta la hipótesis nula, por lo que se establece que no existe diferencia significativa del parámetro consistencia de jalea elaborada con pectina comercial vs jalea elaborada con pectina de cáscara de banano.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda extraer pectina de cáscara de banano en estado verde, puesto que mientras más madura la cáscara menor cantidad de pectina se obtendrá y el rendimiento será bajo.
- Controlar parámetros como tiempo y temperatura durante la hidrólisis acida, por motivo de que son factores importantes a la hora de extraer la pectina, un inadecuado control podría hacer que el rendimiento de la pectina sea insatisfactorio.
- Extraer pectina de los desechos de la cáscara de banano para darle un valor agregado y a la vez mitigar la contaminación ambiental.
- Se recomienda almacenar la pectina en un lugar fresco y libre de humedad.

REFERENCIAS

- Alvarado, R. A. R., Cárdenas, A. A., Barrantes, Y. B., & Rojas, Y. O. (2021). Evaluation of byproducts of cucumber (*Cucumis sativus*) and passion fruit (*Passiflora ligularis*) as a source of pectins. *Acta Agronomica*, *70*(4).
<https://doi.org/10.15446/ACAG.V70N4.78441>
- Baysal, F., & Ercişli, S. (2022). Morphological and molecular characterization of banana clones growing in Turkey. *Turkish Journal of Botany*, *46*(3), 230–243.
<https://doi.org/10.55730/1300-008X.2684>
- Calderón, M., Andrade, F., Lizarzaburu, L., & Masache, M. (2017). Valoración económica de los cobeneficios del aprovechamiento energético de los residuos agrícolas en el Ecuador. *Estudios Del Cambio Climático En América Latina*, *52*, 1–44.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41830/S1700556_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Corporación Financiera Nacional, C. (2021). *Cultivo De Bananos Y Plátanos. Venta Al Por Mayor De Banano Y Plátano*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2021/fichas-sectoriales-3-trimestre/Ficha-Sectorial-Banano.pdf>
- Dario, R., Angel, R., Por, A., Asesora, :, Sierra Ramírez, R., Co-Asesor, D., David, D., & Aranguren, M. (2020). *Planteamiento De Un Proceso Para La Extracción Y Recuperación De Pectina a Partir De Residuos De Fruta Mediante Hidrólisis Ácida*.
<https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/8246b475-8622-4cab-b51b-33abb3b8db1c/content>
- Freitas, C. M. P., Coimbra, J. S. R., Souza, V. G. L., & Sousa, R. C. S. (2021). Structure and applications of pectin in food, biomedical, and pharmaceutical industry: A review. *Coatings*, *11*(8), 8–10.
<https://doi.org/10.3390/coatings11080922>
- Hikal, W. M., Said-Al Ahl, H. A. H., Bratovcic, A., Tkachenko, K. G., Sharifi-Rad, J.,

- Kačániová, M., Elhourri, M., & Atanassova, M. (2022). Banana Peels: A Waste Treasure for Human Being. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/7616452>
- INEC. (2022). Estadística Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales: Gestión de Residuos Sólidos 2019. *Estadística Gad Municipales*, 26. http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Gestion_Integral_de_Residuos_Solidos/2016/Documento_tecnico_Residuos_solidos_2016_F.pdf
- José Toyo-Díaz, M., María Toyo-Fernández, B., Eugenia Moreno-Quintero, M., Nacional Experimental Francisco de Miranda, U., Fijo, P., & Venezuela, F. (2023). *Extracción de pectina a partir de cáscara de cambur para la producción de una mermelada* *Extraction of pectin from banana peel for the production of a jam*. <https://orcid.org/0000-0001-7203-3723><https://orcid.org/0000-0001-9679-747X>
- López Párraga, V. N., Muñoz Murillo, J. P., & Vélez Moreira, A. K. (2015). Uso de los ácidos cítricos y clorhídrico y sus efectos en las características fisicoquímicas de la pectina del albedo de maracuyá (*Passiflora edulis*). *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, 15, 90. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i15.552
- Manjarrez Fuentes, N., Muñoz Heredia, C., Guerra Herrera, K., & Egas Loor, M. A. (2023). Costos de producción y comercialización en la industria bananera en la zona norte, cantón Quevedo-Ecuador. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(1), 536–549. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.292>
- Martínez-Solórzano, G. E., & Rey-Brina, J. C. (2021). Bananas (*Musa AAA*): Importance, production and trade in Covid-19 times. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 1034–1046. <https://doi.org/10.15517/AM.V32I3.43610>
- Miao, Y., Wang, L., Peng, C., Li, H., Li, X., & Zhang, M. (2022). Banana plant counting and morphological parameters measurement based on terrestrial laser scanning. *Plant Methods*, 18(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s13007->

022-00894-y

- Ministerio de Comercio Exterior del Ecuador. (2017). Informe Sector Bananero Ecuatoriano. *Ministerio de Comercio Exterior*, 53(9), 1–50.
<https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Informe-sector-bananero-español-04dic17.pdf>
- Molina, F. (2018). *Plátano*. 45 p. : ,Dat. Num.
<http://hdl.handle.net/20.500.12324/11498>
- Murillo, G. (2021). Facultad de ciencias agropecuarias carrera de ingeniería agronómica. *Universidad Técnica de Machala*, 1–34.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15166>
- neira ojeda, O. (2018). *OBTENCION Y CARACTERIZACION DE HARINA DE RAQUIS DE BANANO (Musa paradisiaca)*. 128.
[https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/6205/Neyra Ojeda Odilia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/6205/Neyra%20Ojeda%20Odilia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Nelson Vega Guamán, L., & Wiston Morales Rodríguez, I. (2017). *UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS CARRERA INGENIERÍA EN ALIMENTOS Título del Anteproyecto de Investigación: Autor*.
- Odun-Ayo, F., & Reddy, L. (2023). Potential Biomedical Applications of Modified Pectin as a Delivery System for Bioactive Substances. *Polysaccharides*, 4(1), 1–32. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides4010001>
- Pacheco Jimenez, A., Basilio Herrera, J., Gutierrez Grijalva, E., Quintana Obregón, E., & Muy Rangel, M. (2022). *Potencial industrial de la cáscara de mango* (. 13. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revespciequibio/cqb-2022/cqb221n.pdf>
- Pectina De La Cáscara De Plátano De Dos, E. DE, Nelson Vega Guamán, L., & Wiston Morales Rodríguez, I. (2017). *UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS CARRERA INGENIERÍA EN ALIMENTOS Título del Anteproyecto de Investigación: Autor*.
- Rajendran, N. S., & Thampi, B. S. H. (2019). Extraction and characterisation of

- pectin from banana peel. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 11(4), 45–63. <https://doi.org/10.34302/2019.11.4.4>
- Ramos Valentina, Hidalgo Marisol, & Torres Adrian. (2018). 8. *Obtención de pectina a partir de las cáscaras de plátano para su aprovechamiento*.
- Rojas, A. F., Rodríguez-Barona, S., & Montoya, J. (2019). Evaluation of alternatives for energy and bioactive management of plantain peel. *Informacion Tecnologica*, 30(5), 11–24. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500011>
- Romero Bonilla, H., Tinoco Gómez, O., & Dávila Dávila, K. (2016). Hidrólisis enzimática de residuos agroindustriales del banano para la obtención de jarabe glucosado aplicando tres pretratamientos. *Industrial Data*, 18(1), 101. <https://doi.org/10.15381/idata.v18i1.12072>
- Rubiano Gonzalez, V., Montaña Numpaque, M., & Da Silva Dias, N. (2022). Pectinas: extracción, usos e importancia en la agroindustria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 5294–5309. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3498
- Sears, P. S. (2020). Pectinase. *Catalysis from A to Z*. <https://doi.org/10.1002/9783527809080.cataz12492>
- Segarra, M. (2022). *Catálogo de uso de los residuos de la planta de banano, economía circular y su potencial en el cambio de la industria bananera en el Ecuador*. 78. <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/4774>
- Serrat-Díaz, M., De la Fé-Isaac, Á. D., De la Fé-Isaac, J. A., & Montero-Cabrales, C. (2018). Extracción y caracterización de pectina de pulpa de café de la variedad Robusta Extraction and characterization of coffee pulp pectin from Robusta variety. *Rev. Cubana Quím*, 30(3), 2224–5421. <http://ojs.uo.edu.cu/index.php/cq>
- Solano-Apuntos, A., Ponce-Saltos, W., & Zambrano-Gavilanes, F. (2022). Biodigestion Anaerobica De Residuos De Musaceas: Caso Ecuador. *Biotempo*, 19(1), 51–63. <https://doi.org/10.31381/biotempo.v19i1.4803>
- Toyo-Díaz, M. J., Toyo-Fernández, B. M., & Moreno Quintero, M. E. (2021).

Extracción de pectina mediante hidrólisis ácida de la cáscara de cambur (Musa paradisiaca). *Agroecología Global. Revista Electrónica de Ciencias Del Agro y Mar*, 3(5), 25. <https://doi.org/10.35381/a.g.v3i5.1658>

Tugon, T. D. A., Larasati, R. D., Adnan, S., Sucimilawati, E., Agustiani, F. S., & Jaswir, I. (2023). Characterization of Banana Peel Pectin (Musa acuminata Colla) as a Potential Halal Pharmaceutical Excipient. *Indonesian Journal of Halal Research*, 5(1), 41–52. <https://doi.org/10.15575/ijhar.v5i1.21285>

Vásquez-Castillo, W., Racines-Oliva, M., Moncayo, P., Viera, W., & Seraquive, M. (2019). Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de banano orgánico (Musa acuminata) en el Ecuador. *Enfoque UTE*, 10(4), 57–66. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n4.545>

Vázquez-Briones, M. C., Vázquez-Briones, M., Hernández-Ramírez, D., Pimienta-Trinidad, C. A., & Mata-García, M. (2020). *Estudio de pectina a partir de la cáscara del plátano roatán (Musa paradisiaca var. cavendish)*. [file:///C:/Users/CLIENTE/Downloads/IQ66 \(1\).pdf](file:///C:/Users/CLIENTE/Downloads/IQ66%20(1).pdf)

Vera, G. (2020). *Influencia del pH para la extracción de pectina en la cáscara de pitahaya*. 1–50. [https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/910/1/T.AGROIN. B. UEA. 2147.pdf](https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/910/1/T.AGROIN.B.UEA.2147.pdf)

Washington, J., & Vera, T. (2018). *DIRECCIÓN DE CARRERA : AGROINDUSTRIAS*. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/892/1/TTAI11.pdf>

ANEXOS



Figura 1. Recepción de materia prima



Figura 2. pelado de la cáscara de banano



Figura 3. Escaldado



Figura 4. Enfriamiento



Figura 5. Proceso de hidrólisis acida



Figura 6. Filtrado de la pectina



Figura 7. Secado de la pectina



Figura 8. Trituración con mortero



Figura 9. Determinación de acidez titulable



Figura 10. Determinación de pH



Figura 11. Determinación de humedad



Figura 12. Panel sensorial de las dos jaleas