



**UNAP**



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**TESIS**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA CÁSCARA DE PIÑA (*Ananas comosus*) VARIEDAD CAYENA LISA PARA LA OBTENCIÓN DE PECTINA**

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

**PRESENTADO POR**

**VICTOR CRISTHIAN CORAL GUERRA**

**FREDDY ELIHÚ MARÍN WILLIAM**

**ASESOR:**

**Ing. JORGE ANTONIO SUÁREZ RUMICHE, MSc.**

**IQUITOS, PERÚ**

**2022**



**UNAP**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA  
Facultad de Ingeniería Química



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 007-CGT-FIQ-UNAP-2022**

En Iquitos, en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Química, a los 18 días del mes de Junio de 2022, a horas 10:08, se dio inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada: **“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA CÁSCARA DE PIÑA (*Ananas comosus*) VARIEDAD CAYENA LISA PARA LA OBTENCIÓN DE PECTINA.”**, aprobado con Resolución Decanal N° 147-2022-FIQ-UNAP, presentado por los Bachilleres: **Víctor Cristhian Coral Guerra y Freddy Elihú Marín William**, para optar el título profesional de **Ingeniero Químico**, que otorga la Universidad de acuerdo Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante R. D. N° 061-2022-FIQ-UNAP está integrado por:

Ing. MARITZA ECHEVARRIA ORDOÑEZ DE ARAUJO, Dra.	Presidente
Ing. DANIEL DIOMEDES CARRASCO MONTAÑEZ, MSc.	Miembro
Ing. KARENTH ELENA RAMÍREZ ÁLVAREZ, MSc.	Miembro

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: SATISFACTORIAMENTE

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la tesis ha sido: APROBADA con la calificación BUENA, estando los bachilleres aptos para obtener el Título Profesional de Ingeniero Químico. Siendo las 10:35 se dio por terminado el acto de SUSTENTACION

Ing. MARITZA ECHEVARRIA ORDOÑEZ DE ARAUJO, Dra.  
Presidente de Jurado

Ing. DANIEL DIOMEDES CARRASCO MONTAÑEZ, MSc.  
Miembro

Ing. KARENTH ELENA RAMÍREZ ÁLVAREZ, MSc.  
Miembro

Ing. JORGE ANTONIO SUÁREZ RUMICHE, MSc.  
Asesor

**JURADO Y ASESOR**



.....  
**Ing. Maritza Echevarría Ordoñez de Araujo, Dra.**

**CIP N° 50657**

**Presidente**



.....  
**Ing. Daniel Diomedes Carrasco Montañez, MSc.**

**CIP N°96801**

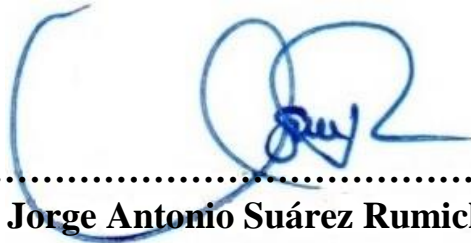
**Miembro**



.....  
**Ing. Karenth Elena Ramírez Álvarez, MSc.**

**CIP N°138333**

**Miembro**



.....  
**Ing. Jorge Antonio Suárez Rumiche, MSc.**

**CIP N°60878**

**Asesor**

Dedico esta tesis, al creador de todas las cosas, por darme fortaleza para culminar mis estudios, a mi padre Víctor Manuel Coral del Águila, a mi madre Veronica Emerita Guerra Amaral, a mi familia y amigos que contribuyeron para que este sueño se haga realidad.

VICTOR CRISTHIAN CORAL GUERRA

Esta tesis la dedico, a dios que guía mi camino, a mis padres, Cecilio Marín Arévalo, Miriam William Aranda, quienes me motivan para lograr mis metas y sueños.

FREDDY ELIHÚ MARÍN WILLIAM

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro agradecimiento especial a la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana por brindarnos la oportunidad ser parte de ella y abrirnos sus puertas de su seno científico para poder estudiar la magnánima carrera de Ingeniería Química; así como también a mis formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarnos a llegar al punto en el que nos encontramos.

Sencillo no ha sido el proceso, pero gracias a las ganas de transmitirnos sus conocimientos y dedicación que los ha regido, hemos logrado importantes objetivos como culminar el desarrollo de nuestra tesis con éxito y obtener una afable titulación profesional.

Agradezco también a mi Asesor de Tesis Ing. Jorge Antonio Suárez Rumiche MSc, por la oportunidad de compartirnos sus conocimientos, así como también a su plena paciencia para guiarnos durante todo el desarrollo y culminación de la tesis.

Y para finalizar, nuestro agradecimiento de corazón a nuestras familias por estar siempre junto a nosotros en nuestros logros y frente a las adversidades que nos da la vida.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>PORTADA</b>	i
<b>ACTA DE SUSTENTACIÓN</b>	ii
<b>JURADO Y ASESOR</b>	iii
<b>DEDICATORIA</b>	iv
<b>AGRADECIMIENTO</b>	v
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b>	vi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	viii
<b>RESUMEN</b>	ix
<b>ABSTRACT</b>	x
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</b>	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Bases teóricas	9
1.2.1. Definición de Pectina	9
1.2.2. Clasificación de la Pectina	10
1.2.3. Clasificación de la pectina según su grado de metoxilación	12
1.2.4. Clasificación de las sustancias pécticas	14
1.2.5. Propiedades fisicoquímicas de las sustancias pécticas	16
1.2.6. Piña	19
1.2.7. Clasificación Taxonómica de piña	19
1.2.8. Método para la obtención de pectina	19
1.3. Definición de términos básicos	20
<b>CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES</b>	22
2.1. Formulación de la hipótesis	22
2.1.1. Hipótesis General	22
2.2. Variables y su Operacionalización	22
2.2.1. Variable Independiente	22
2.2.2. Variable Dependiente	22
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</b>	24
3.1. Diseño Metodológico	24
3.2. Diseño muestral	25
3.3. Población de estudio	25

3.4.	Muestra	25
3.5.	Criterios de selección	25
3.6.	Instrumentos y técnicas de recolección de datos	25
3.6.1.	Observación	26
3.6.2.	Etapa de campo	26
3.6.3.	Etapa de laboratorio	27
3.6.4.	Protocolo de monitoreo en laboratorio	31
3.7.	Procesamiento y análisis de datos	32
3.7.1.	Recolección de materia prima	33
3.7.2.	Pesado	33
3.7.3.	Lavado	33
3.7.4.	Cortado	33
3.7.5.	Deshidratado	34
3.7.6.	Molienda	34
3.7.7.	Preparación de la solución acidulada	34
3.7.8.	Hidrólisis ácida	35
3.7.9.	Enfriamiento	35
3.7.10.	Filtración	35
3.7.11.	Precipitación	36
3.7.12.	Separación/Decantación	36
3.7.13.	Secado	36
3.7.14.	Almacenamiento	36
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</b>		38
4.1.	Características fisicoquímicas de la cáscara de piña	38
4.2.	Análisis estadístico	38
4.3.	Caracterización de la pectina de cáscara de piña	43
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIONES</b>		44
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES</b>		45
<b>CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES</b>		46
<b>CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>		47
<b>ANEXO 1: RESULTADOS DEL ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DE LA CÁSCARA DE PIÑA VARIEDAD CAYENA LISA</b>		51
<b>ANEXO 2: PROCESO DE OBTENCION DE PECTINA A PARTIR DE CÁSCARA DE PIÑA VARIEDAD CAYENA LISA</b>		52

**ANEXO 3: OBTENCIÓN DE PECTINA EN BASE A 100 g DE POLVO DE CÁSCARA DE PIÑA PARA ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO** 58

**ANEXO 4: IDENTIFICACION DE LA PECTINA OBTENIDA A PARTIR DE CÁSCARA DE PIÑA POR EL MÉTODO DE HIDROLISIS ÁCIDA** 59

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Variables y su operacionalización	23
<b>Tabla 2.</b> Características fisicoquímicas de la cáscara de piña.	38
<b>Tabla 3.</b> Porcentaje del Rendimiento en pectina obtenido en los diferentes tratamientos aplicados	38
<b>Tabla 4.</b> ANOVA de un solo factor: % Rendimiento en pectina vs. Tratamientos	39
<b>Tabla 5.</b> Prueba de Tukey a los valores medios del rendimiento obtenidos en los tratamientos.	40
<b>Tabla 6.</b> Análisis de Varianza.	40
<b>Tabla 7.</b> Resumen del modelo	41
<b>Tabla 8.</b> Rendimiento	43
<b>Tabla 9.</b> Grado de esterificación	43
<b>Tabla 10.</b> Resultados de los análisis	43



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo obtener y caracterizar la pectina de la cáscara de piña. El trabajo realizado tiene enfoque cuantitativo con nivel de profundización descriptivo experimental, la población de estudio estuvo constituido por las cáscaras de piña (*ananas comosus*) de la Cayena Lisa, de los mercados Belén y modelo, el tipo de muestreo fue no probabilístico al azar al criterio de los investigadores, considerándose el tamaño de la muestra un máximo de 1500 gramos (750 gramos, mercado Belén, 750 gramos mercado modelo). El proceso de extracción de pectina se realizó utilizando como agentes de extracción el ácido cítrico, a pH 3, 4 y 5 en un tiempo de hidrólisis ácida de 80 minutos a temperaturas 60, 75, 90°C, aplicando un diseño factorial 3<sup>2</sup>. Se estudiaron el efecto de las variables independientes pH y temperatura sobre las variables respuesta Rendimiento. Se obtuvo un mejor rendimiento de extracción de 10,11 g/100g. de pectinas con ácido cítrico a pH 3, tiempo de 80 minutos a temperatura de 90°C. Posteriormente se realizó la caracterización fisicoquímica de la pectina para evaluar su calidad, clasificándola como pectina de bajo metoxilo. Concluyendo que es posible obtener pectina a partir de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) Variedad Cayena Lisa.

**Palabras claves:** Pectina, *Ananas Comosus*, hidrólisis ácida, grado de esterificación

## ABSTRACT

The objective of this research work was to obtain and characterize pectin from pineapple peel. The work carried out has a quantitative approach with an experimental descriptive deepening level, the study population was constituted by the pineapple shells (ananas comosus) of the Cayena Lisa, of the Belén and model markets, the type of sampling was non-probabilistic random at criteria of the researchers, considering the sample size a maximum of 1500 grams (750 grams, Belén market, 750 grams model market). The pectin extraction process was carried out using citric acid as extraction agents, at pH 3, 4 and 5 in an acid hydrolysis time of 80 minutes at temperatures of 60, 75, 90°C, applying a 3<sup>2</sup> factorial design. effect of the independent variables pH and temperature on the response variables Yield. A better extraction yield of 10,11 g/100g was obtained. of pectins with citric acid at pH 3, time of 80 minutes at a temperature of 90°C. Subsequently, the physicochemical characterization of the pectin was carried out to evaluate its quality, classifying it as low methoxyl pectin. Concluding that it is possible to obtain pectin from pineapple peel (Ananas comosus) Smooth Cayenne Variety.

**Keywords: Pectin, Ananas Comosus, acid hydrolysis, degree of esterification**

## INTRODUCCIÓN

La piña (*Ananas comosus*) es una fruta tropical muy extendida por la selva peruana, posee propiedades antiinflamatorias, diuréticas y es adecuada para su uso en dietas bajas en calorías.

(La Rosa, 2000), señala que en el Perú existe 8 666 has de cultivo de piña las cuales se encuentran localizados en 14 departamentos. Entre los que tenemos: Junín (30%), La Libertad (19%), Loreto (17%) y Ucayali (14%), correspondiente al 77% del total cultivado a nivel nacional. Los departamentos de la selva central: Pasco, Junín, Ayacucho y Cusco; concentraron un 37%, Ucayali y Huánuco el 15%. La Libertad tiene un 20% de la superficie cosechada y Loreto el 16%.

(Ramos, 2020), En la provincia de Maynas, región Loreto, existen aproximadamente 1 797 hectáreas de piña de las variedades Aucayina, Cashapiña, Lorenza y San Juanina; esta última es la preferida por los consumidores. Toda esta producción se destina al mercado nacional.

(INIA-CONAFRUT, 1997), muestran que "Cayena" es un grupo varietal caracterizado por su notable vigor, hojas largas, anchas y bordes lisos. Los frutos en etapa de madurez tienen la pulpa de color amarillo pálido. En esta variedad los hijuelos de la base del fruto son en mayor número que en la base del tallo, aunque algunas plantas no producen ninguno de estos dos tipos de hijuelos. Los pedúnculos fruteros son cortos con una longitud entre 8 a 12 cm. El fruto es medianamente grande, con un peso promedio entre 2 a 3 kilogramos, con forma cilíndrica en la base, pero alargado desde el tercio superior hacia arriba. El color de la cáscara en el fruto maduro es amarillo, la pulpa amarillo cremosa, los contenidos de azúcar y acidez, son superiores en comparación con la mayoría de las otras variedades. Es una fruta de reconocida calidad y sabor agradable.

Esta variedad "Cayena Lisa" se ha adaptado muy bien a las condiciones de clima y suelo de la Selva Central (Chanchamayo) y en el Valle de Santa Catalina de Moche.

También se establece que la variedad "Hilo" es una diversidad mejorada de 'Cayena Lisa' de Hawái, que no forma hijuelos en la base del fruto; pero si, en la base del tallo en comparación con la variedad 'Cayena Lisa'. Esta variedad presenta frutos más cilíndricos, lo cual favorece para el enlatado. Sin embargo, tanto el contenido de azúcares y de acidez son más bajos con relación a 'Cayena Lisa'

(Parichat & Jurairat, 2017), La cáscara por su composición merece una atención especial ya que de ella es posible obtener materiales o sustancias de interés industrial como la pectina la cual es utilizada en la industria de alimentos y fármacos debido a su poder gelificante y la propiedad que tiene de absorber una gran cantidad de agua, los geles de pectina son importantes para crear o modificar la textura de alimentos como compotas, jaleas, salsas y en la industria de alimentos lácteos en elaboración de yogurt de frutas y productos bajos en grasa.

Por las características arriba indicadas se realizó el presente trabajo de investigación cuyo título es:

**“caracterización fisicoquímica de la cáscara de piña (*ananas comosus*) variedad cayena lisa para la obtención de pectina”**. En la actualidad casi la totalidad de pectina que se consume en el Perú la pectina es importada, siendo utilizado principalmente como aditivo alimentario que se usa para gelificar y espesar, dar consistencia a diversos preparados alimentarios en la preparación de mermeladas, jaleas, fruta en almíbar, etc; por este motivo, es importante buscar nuevas fuentes de materia prima para obtener este producto.

En el presente estudio, se tomó como materia prima un fruto nativo con la finalidad de conservar esta especie y al mismo tiempo buscar un incremento en su producción mediante el aumento de nuevas áreas de producción por parte de los pobladores ribereños y de esta presentar materias primas e insumos para la industria agroalimentaria a nivel regional y nacional. La extracción de pectina comprende una serie de procesos y operaciones unitarias de la ingeniería Química; siendo la precipitación una de las etapas críticas en la cual se debe tener mayor cuidado debido a que influye grandemente en las características y en el rendimiento del producto final.

En la extracción de pectina, hay varios métodos de precipitación: por ejemplo, el método tradicional por etanol, por sales metálicas, y por hidrólisis acida

Los problemas específicos de la presente investigación son:

- ¿Qué características físicas y químicas presentan la cáscara de piña (*Ananas comosus*) de la Variedad Cayena Lisa, para la obtención de pectina?

Los objetivos específicos de la presente investigación son:

- Determinar las características físicas y químicas de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) de la Variedad Cayena Lisa.
- Determinar el rendimiento en pectina obtenido a partir de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) de la Variedad Cayena Lisa, cuando se modifica el pH y la temperatura en el proceso de hidrólisis.
- Determinar las características físicas, químicas de la pectina obtenida a partir de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) de la Variedad Cayena Lisa.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

Según Mueckay (2006), la obtención de pectina a partir de diferentes recursos naturales ha sido objeto de varios trabajos de investigación en donde se plantean las posibilidades a favor y en contra de utilizar ciertas materias primas sintéticas para la elaboración de productos alimenticios.

En la actualidad se cuentan con trabajos sobre el tema tales como:

- (Del águila, et al, 2015), tesis “extracción de pectina por hidrólisis ácida y precipitación alcohólica a partir de las cáscaras de cacao híbrido ccn51 (*Theobroma cacao* L.) para la fabricación de un prototipo de empaque alimentario”. Para el cumplimiento de los objetivos planteados, se realizó una investigación con enfoque cuantitativo y de tipo experimental, ya que, se manipularon las variables independientes (Tipos de ácidos, Niveles de pH y Temperaturas de hidrólisis ácida) para analizar el comportamiento del producto y el cambio que ocasionaron a las variables dependientes del proceso (Características de la pectina obtenida y Características del prototipo de empaque obtenido). En el diseño de investigación para la obtención de pectina se detallan a continuación: Preparación de material, deshidratado, ajuste de pH, hidrólisis ácida, enfriamiento, filtración, precipitación, separación/decantación, secado, molienda, envasado, empaçado, almacenamiento. Se evaluaron tres rangos de pH (3, 4 y 5), un tiempo y temperatura de hidrólisis de 80 minutos y 90°C respectivamente, para lo cual se utilizó el diseño estadístico DCA con arreglo factorial 3x3 con 3 repeticiones. Se demostró que es posible obtener pectinas de uso

agroindustrial, a partir de las cáscaras del cacao híbrido CCN-51. También determinó las características de la pectina extraída por hidrólisis ácida con ácido cítrico y precipitación de las mismas con alcohol etílico al 96% v/v, para demostrar que se puede obtener pectina utilizando reactivos accesibles y disponibles en los laboratorios.

- (Arellano & Hernández, 2013), en su trabajo: “Evaluación del uso de la pectina extraída del procesamiento de piña y níspero en la preparación de mermeladas”. realizaron un proceso de extracción de pectina a partir de piña y níspero por el método convencional y caracterización de las pectinas obtenidas, La presente investigación tuvo como enfoque cuantitativo y de tipo experimental, se extrajeron pectinas a partir de las cáscaras de piña y níspero a diferentes niveles de pH 2 y 3 a temperatura de hidrólisis de 90°C y 90 minutos cada uno, bajo diseño factorial 3<sup>2</sup>. encontrando los siguientes resultados; para la pectina extraída de piña una Humedad de 54,4%, Cenizas 0,4%, peso equivalente 2857 mg/meq, acidez titulable 6,86%, contenido de metoxilo 3,1%, grado de esterificación 76,92% y rendimiento 1,6044 %.
- (Barazarte, et al, 2008), en el trabajo: “La cáscara de cacao (*Theobroma Cacao* L.): una posible fuente comercial de pectinas”, se realizó una investigación de enfoque cuantitativo y tipo experimental, para eso se extrajeron pectinas de la cáscara de cacao a diferentes condiciones de pH y temperatura de hidrólisis ácida y evaluaron sus principales características químicas. Para la extracción se usaron EDTA al 0,5% a pHs 3, 4 y 5 y temperaturas de 60, 75 y 90°C, bajo diseño factorial 3<sup>2</sup>. Las variables respuestas fueron: rendimiento, contenido de ácido anhidro galacturónico (AGA), contenido de metoxilo, grado de

esterificación y peso equivalente de las pectinas extraídas. Con la pectina extraída se elaboró una mermelada de fresa y se determinó su aceptabilidad empleando una escala hedónica de 7 puntos. Se obtuvo un rendimiento de extracción de 2,64 a 4,69 g/100g, un contenido de AGA entre 49,8 y 64,06 g/100g, un contenido de metoxilo entre 4,72 y 7,18 g/100g, un grado de esterificación entre 37,94% y 52,20%, un peso equivalente entre 385,47 a 464,61 g/equivalente de H<sup>+</sup> y un grado de gelificación entre 285,64 y 806,03 g fuerza. La pectina extraída a pH 4 y 90 °C mostró un poder gelificante de 422,16 g fuerza, pureza 62,26 g/100g de AGA y un rendimiento de extracción de 3,89 g/100g, y 23 permitió preparar una mermelada con un nivel de agrado promedio de “me gusta moderadamente”.

- (Guidi, et al, 2010), en el trabajo “Obtención de pectina a partir de la cascara de maracuyá mediante hidrólisis ácida”, cuyo objetivo: Proponer el método para la obtención de pectina a partir de la cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*), mediante Hidrólisis Ácida, usó el enfoque cuantitativo y experimental, la extracción fue a pHs 2, 3 y temperaturas de 50 y 60 °C, y se utilizó ácido clorhídrico concentrado se llegó a las siguientes conclusiones:
  - El método consta de la preparación de la materia prima la cual tiene cuatro operaciones: pesado, selección, lavado y picado; luego viene la inactivación enzimática, hidrólisis ácida, filtración, centrifugación, enfriado, precipitación con alcohol, filtración, secado, molido, envasado y almacenado.
  - Los resultados que se obtuvieron en la caracterización fueron similares a la pectina comercial, en cuanto al contenido de materia seca, humedad y cenizas; se obtuvo pequeñas variaciones en cuanto a la acidez libre y el pH.
  - Se pudo observar que los factores que influyen en la Hidrólisis Ácida fueron la temperatura como principal factor seguido del tiempo de hidrólisis y la interacción de ambos factores.



- La combinación de los factores, que dio un mayor rendimiento en pectina, fue de 50°C, con un tiempo de 10 min y a una concentración de 0,0045M; su rendimiento fue de 8,59% y 7,09% (en respectivas réplicas).
  - El grado de esterificación obtenido fue del 20% y del 30%, por lo tanto, la pectina obtenida se clasificaría como pectina de baja metoxilación.
- (Almeida, 2017), tesis “diseño de un proceso piloto de extracción de pectina como gelificante a partir de residuos de la naranja” En esta investigación se utilizó el enfoque cuantitativo y tipo experimental, la pectina se obtuvo con ácido cítrico, a un pH de 2, se calienta a una temperatura entre 70-80°C, durante 75 minutos y posterior precipitación con alcohol. Finalmente, la pectina precipitada es secada y triturada. Las conclusiones fueron las siguientes:
    - Se comprobó que efectivamente el método más óptimo para la extracción de pectinas es por medio de hidrólisis ácida a un pH de 2 o aproximados, a una temperatura de entre 70 y 80°C, por un tiempo de 75 minutos con agitación constante.
    - Se utilizó etanol 70%, en proporción de 4,5 ml de etanol por cada gramo de cáscara seca. Esta variación puede deberse a la calidad de naranja utilizada y la cantidad de pectina que esta posea en su cáscara.
    - Con el proceso seleccionado, se obtuvo extraer pectina como producto final. La pectina obtenida fue de alto grado de esterificación.

- (López, 2013), tesis: “extracción de pectina de cocona (*solanum sessiliflorum dunal*) por acidulantes y su caracterización fisicoquímica”. La investigación se desarrolló bajo el enfoque cuantitativo y cualitativo, con un diseño completamente al azar con arreglo factorial, el cual constó de 6 tratamientos y dos repeticiones. Se determinó el rendimiento y las características fisicoquímicas de la pectina de cocona, con dos acidulantes. Para ello trabajo con frutos en diferentes estados de madurez, siendo la más recomendable en estado pintón con un índice de madurez (3,27), en los cuales se realizó la extracción ácida de pectina a temperaturas entre 80 y 89°C, en un tiempo entre 90 y 100 min. y pH de 2 obteniéndose un 2,6% de rendimiento. Como resultados con el acidulante de ácido clorhídrico fue: 1518,57 peso equivalente: 11,23% de metoxilo, 62,29% grado de esterificación, 95,20 ácido galacturónico; 0,54° valor acetyl; 68°de temperatura de gelificación y 2,03 min. Gelificación; y grado de pectina de 110°. La pectina con el acidulante de ácido cítrico fue: 1398,34 peso equivalente; 9,82% contenido de metoxilo; 55,52% grado de esterificación; 91,59% ácido galacturónico; 0,32° valor acetyl; 63°C temperatura y 4,21 min. Gelificación; y grado de pectina de 90°.

## **1.2. Bases teóricas**

### **1.2.1. Definición de Pectina**

Las pectinas son un tipo de heteropolisacáridos. Una mezcla de polímeros ácidos y neutros muy ramificados. La pectina es una especie de fibra natural, son el principal componente de la lámina media de la pared celular y constituyen el 30 % del peso seco de la pared celular primaria de células vegetales. En presencia de agua forman geles. Determinan la porosidad de la pared, y por tanto el grado de disponibilidad de los sustratos de las enzimas implicadas en las modificaciones de la misma. Las pectinas también proporcionan superficies cargadas que regulan el pH y el balance iónico.

Podemos encontrar pectina de dos maneras. La primera, en su forma procesada, donde su concentración es en grandes dosis, como las mermeladas. Y en su forma natural o simple con una presencia mucho menor, como en las plantas. Este tipo de polisacárido se encuentra ubicado en las paredes celulares de las plantas, especialmente en las frutas. Cabe recalcar que no todas las frutas cuentan con el mismo porcentaje de pectina, pues solo algunas cuentan con una alta dosis, como las uvas, los membrillos, los arándanos, los limones, las mandarinas, las naranjas o las manzanas. (Gunning, et al, 2009)

### 1.2.2. Clasificación de la Pectina

Las pectinas tienen tres componentes principales: homogalacturonanos, ramnogalacturonano I y ramnogalacturonano II.

✓ **Homogalacturonanos (HG).**

Compuestos por residuos de ácido D-galacturónico (GalU) unidos por un enlace  $\alpha$  (1  $\rightarrow$ 4). Los grupos carboxilo del C<sub>6</sub> (carbono número 6 del GalU) pueden estar metil-esterificados o permanecer libres. Los grupos carboxilo libres, si están disociados, dan lugar a interacciones electrostáticas con iones calcio (Ca<sup>2+</sup>) entre las cadenas de HG vecinas, formando la denominada estructura en caja de huevos. Para que una región de HG sea sensible al enlace de calcio son necesarias diez moléculas de GalU sin esterificar, la formación de enlaces de este tipo está relacionada con la detención de la extensión de la pared celular y, por tanto, con el cese del crecimiento y el aumento de rigidez de la pared. El GalU puede encontrarse acetilado en O<sub>2</sub> (oxígeno número 2 del GalU) o en O<sub>3</sub>. (Gunning, et al, 2009)

✓ **Ramnogalacturonano I (RGI).**

Este se encuentra conformado ácido D-galacturónico el cual está enlazado en  $\alpha$  (1-4) con restos de L-ramnosa (Rha) los cuales se están intercalados mediante un enlace  $\alpha$  (1-2), de modo que quedaría así: [(1-2)- $\alpha$ -L-Rha-(1-4)- $\alpha$ -D-GalU]<sub>n</sub>, en donde n puede llegar a ser mayor a 100. Los restos de L-ramnosa van a ser anclaje de las cadenas laterales, y aproximadamente la mitad de estas cadenas están unidas por el C4 a otras cadenas de arabinanos, conformados de esta manera por  $\alpha$ -L-arabinosa

(ARA) las cuales van a estar enlazadas en el  $\alpha$  (1-5) como el eje principal el cual puede llegar a estar sustituidos con las denominadas cadenas Ara(1-2)- $\alpha$ -Ara(1-3) o Ara(1-3)- $\alpha$ -Ara(1-3).

✓ **Ramnogalacturonano II (RGII)**

Polisacárido pequeño de estructura muy compleja; formado por GalU, Rha, Ara, Gal y pequeñas cantidades de azúcares poco frecuentes como apiosa, o ácido acérico. Los restos Rha pueden estar sustituidos en C3; en C3 y C4, en C2, C3, y C4 o ser terminales. El arabinogalactano del RGII presenta ramificaciones en C3 y C6 de Gal y en C3 y C5 de ARA. Las cadenas laterales contienen un alto número de residuos distintos unidos con diversos enlaces, aun así, el RGII tiene una estructura altamente conservada y puede formar dímeros mediante un puente borato, con dos enlaces éster. (Gunning, et al, 2009)

### **1.2.3. Clasificación de la pectina según su grado de metoxilación**

Las pectinas pueden ser de alto metoxilo o bajo metoxilo. Esto depende de su grado de metoxilación, siendo este término el número de funciones carboxílicas que han sido metoxiladas en cada 100 grupos de ácido galacturónico. La clasificación en pectinas de alto y bajo metoxilo es arbitraria. En términos prácticos, el 7% de metoxilos se considera como el 50% de esterificación y se toma como índice de separación para las pectinas de alto y bajo metoxilo. (García, 1978)

#### **a) Pectinas de alto metoxilo**

Son que contienen entre el 50% y 80% de los grupos carboxílicos esterificados con metoxilo, lo cual le permite ser soluble en agua. Cabe aclarar que si se tuviera una pectina con 100% de esterificación sería más bien una protopectina.

Este tipo de pectinas requieren de grandes cantidades de azúcar (55-85%), un pH bajo (2,0 – 4,5) y elevada temperatura para formar gel con características rígidas y sólidas que los geles de pectinas con bajo metoxilo, pero estas pectinas sufren rápidas degradaciones en medios alcalinos. (Gamboa, 2009)

## **b) Pectinas de bajo metoxilo**

Son aquellas que usualmente contienen de un 25% al 50% de esterificación. Este porcentaje indica que de 100 grupos carboxílicos solamente 50 o menos están esterificados con grupos metoxilo. Si la metoxilación es de 0% sería un ácido péctico.

Este tipo de pectinas pueden formar geles con o sin azúcar, en presencia de iones metálicos polivalentes, como el calcio, y en un amplio rango de pH (2,8 – 6,5), lo cual es una considerable ventaja de uso frente a las pectinas de alto metoxilo, pero las características de gel, como firmeza, plasticidad y resistencia al calor, son inferiores a la de las pectinas de alto metoxilo. (Gamboa, 2009).

#### **1.2.4. Clasificación de las sustancias pécticas**

Las sustancias pécticas de los vegetales han sido clasificados y como resultado de ello han recibido distintas denominaciones. Según la American Chemical Society en 1949, citado por (Puerta, 1996) tenemos:

##### **a) Sustancias pécticas**

Es una designación para aquellas complejas sustancias de carbohidratos coloidales los cuales se encuentran, o son preparados desde las plantas y contienen una larga proporción de unidades de ácido anhidrogálico unidos en forma de cadena. Los grupos carboxilos de estos ácidos poligálicos pueden estar parcialmente esterificados por grupos metil y parcial o completamente neutralizados por uno o más bases.

##### **b) Protopectinas**

Es la pionera de la pectina. Comprende todas las sustancias pécticas no solubles que se desintegran con facilidad. Están ubicadas en la pared celular de los tejidos vegetales, concretamente en las capas intracelulares, dándole rigidez al fruto. Durante la etapa de maduración, la protopectina insoluble tiene un 100% de metoxilación; se transforma en pectina soluble al perder metoxilos, lo que trae consigo la pérdida de firmeza de los frutos. Como consecuencia de ello la mayor concentración de protopectina se encuentra en los tejidos vegetales en crecimiento.



### **c) Ácidos pécticos**

Comprende a aquellos ácidos poligalacturónicos coloidales que contienen una mínima cantidad, o no contienen grupos carboxilos esterificados por el grupo metilo (COOCH<sub>3</sub>); ni por bases. Debido a esto su grado de esterificación es de 0%.

### **d) Ácidos pectínicos**

Este término determina los ácidos poligalacturónicos coloidales, que incluye una porción variable de grupos metoxilos. Se producen de los ácidos poligalacturónicos puros de la protopectina por esterificación de algunos grupos carboxilos libres de metano. Por acción de una enzima llamada pectin metilesterasa la cual va solubilizándola.

Los ácidos pectínicos, bajo condiciones apropiadas, tienen la capacidad de formar geles con ácido y azúcar, así como, siempre y cuando la cantidad de grupos metil-ester es baja, en presencia de ciertos iones polivalentes. En la terminología no existe ácido pectínico con todos los carboxilos esterificados. Todos los intentos para aislar tal ácido pectínico, que habría de contener 16,3% de metoxilo, han fallado; en la práctica, el máximo contenido de metoxilo es de 14%.

**e) Pectinatos**

Sales ácidos o neutras de ácidos pectínicos

**f) Pectatos**

Sales ácidos o neutros de ácidos pécticos.

**g) Pectina**

Son ácidos pectínicos de alto peso molecular que son solubles en agua y que tienen polímeros de ácido galacturónico con una cantidad variable de grupos éster metílicos y grado de neutralización, que son capaces de hacer geles en condiciones apropiadas de azúcar y ácido, o, si su cantidad de grupos metil-ester es baja, con ciertos iones polivalentes.

Su pionero es la protopectina, que es una sustancia péctico insoluble en agua que origina pectina soluble por despolimerización parcial.

**1.2.5. Propiedades fisicoquímicas de las sustancias pécticas**

La solubilidad, viscosidad y la habilidad de formación de gel de las sustancias pécticas dependen de sus características químicas, tales como el grado de esterificación, peso molecular, más la presencia y niveles de compuestos químicos que pueden ser parte de la molécula de pectina.

Según Puerta (1996), la pectina presenta las siguientes características fisicoquímicas.

**a) Solubilidad en agua**

Las pectinas son solubles en agua pura, insolubles en soluciones acuosas en las cuales podrían gelificar a la misma temperatura si antes se disolviera en una mayor temperatura. La pectina es generalmente insoluble en compuestos orgánicos. (Graham, citado por Puerta, 1996)

La experiencia ha demostrado que las pectinas se disuelven mejor en soluciones que no contienen más de 25 % de sólidos solubles.

La solubilidad de una pectina será rápida cuando presenta un alto grado de dispersión, lo cual previene la formación de grumos, viscoso por fuera y secos por dentro, después de la adición de agua; por este motivo es recomendable que la pectina se mezcle antes con un poco de azúcar (5 partes o más su peso), o también con etanol o acetona antes de añadirle agua. La dispersabilidad de las partículas de pectina puede ser fomentada por el revestimiento de una capa delgada de iones tales como aluminio, hierro, níquel, cromo y cobre.

La solubilidad de las pectinas en agua es causada por el número de grupos metoxilos, su distribución y peso molecular. Generalmente aumenta con un mayor grado de metilación pero es inversamente proporcional al peso molecular. Sin embargo, el pH, temperatura, tipo y concentración de sales presentes juegan un papel muy importante en la solubilidad.

#### **b) Viscosidad**

Las soluciones de pectina muestran un comportamiento de fluido No Newtoniano, pseudoplástico propio de la mayoría de polisacáridos. La viscosidad depende del grado de polimerización de la pectina, del pH de la solución, del peso molecular, de la presencia de electrolitos, de la temperatura y de la concentración de la pectina. El calcio y otros iones polivalentes incrementan la viscosidad de las soluciones de pectina y soluciones de pectina de bajo metoxilo (LM), puede aún gelificar si el contenido de calcio excede un cierto límite.

### **c) Coagulación**

Los polisacáridos y otros polímeros solubles en agua, se precipitan por adición de compuestos orgánicos y sustancias inorgánicas, especialmente electrolitos. El fenómeno de coagulación de tales polímeros hidrofílicos está regido por muchos factores, tales como:

- La constitución del compuesto orgánico añadido.
- Presencia, distribución y número de grupos disociados (peso equivalente), así como las características de estos grupos y su habilidad para formar complejos insolubles.
- Valencia de los electrolitos
- La ramificación y no ramificación de estos polímeros.
- La presencia de radicales, que enmascaran los grupos funcionales; los cuales junto con los grupos disociados influyen en la emulsión de las cadenas de polímeros. La concentración de los polímeros.

### **d) Hinchamiento**

La habilidad de los coloides hidrofílicos para hincharse está fuertemente relacionada con la solubilidad. El grado de hinchamiento depende de la estructura de la red, del peso molecular, del grado de esterificación, de la presencia de cadenas laterales, del pH y de la presencia de sales en el medio circundante. El poder de hinchamiento de las sustancias pécticas es aumentado por el incremento del peso molecular, el grado de esterificación y la elevación del pH en medio ácido. (Rajni, et al, citado por Puerta, 1996), precipitó pectinas LM, las cuales retuvieron 50-60g de agua por gramo de pectina y formaron un gel estable.

### **1.2.6. Piña**

Es una especie de la familia de las bromeliáceas, nativa de América del Sur. Planta de escaso porte y con hojas duras y lanceoladas de hasta 1 m de largo, fructifica una vez al año produciendo un único fruto fragante y dulce, muy apreciado en gastronomía. (Phillips, 2019)

### **1.2.7. Clasificación Taxonómica de piña**

REINO: Plantae

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Liliopsida

ORDEN: Bromeliales

FAMILIA: Bromeliaceae

GÉNERO: Ananas

ESPECIE: comosus

Fuente: (Merrill, 1917)

### **1.2.8. Método para la obtención de pectina**

Comercialmente, la pectina se extrae con ácido caliente diluido a un pH bajo. El tiempo y la temperatura de extracción varían con la materia prima utilizada. Una vez extraída la pectina, se separa de los residuos. Para obtener pectina en polvo, se agrega alcohol al concentrado para que precipite. La masa gelatinosa se prensa se lava y se elimina de las aguas madres. Posteriormente se filtra y se muele. Otros métodos de precipitación se realizan con hidróxido de aluminio coloidal, mayormente usado para pectinas de bajo grado de esterificación. (Pagan, 1999)

### **1.3. Definición de términos básicos**

#### **Heteropolisacáridos**

Los heteropolisacáridos o heteroglicanos son un grupo de carbohidratos complejos clasificados dentro del grupo de los polisacáridos, donde se incluyen a todos los carbohidratos que están compuestos por más de 10 unidades de monosacáridos de distintos tipos de azúcares. (Parada, 2020)

#### **Balance Iónico**

El balance de iones es la verificación de que la suma de mili-equivalentes (meq) de aniones es aproximadamente igual a la suma de mili-equivalentes de cationes; esto último aprovechando la electro-neutralidad del agua, propiedad que puede distorsionarse si existen ciertos fenómenos, ocasionando el conocido y problemático desbalance de iones.

El cálculo del balance de iones (o balance de carga) normalmente es obtenido como un porcentaje tomando la diferencia de la concentración equivalente de cationes y aniones y dividiendo entre la suma de los mismos, esto tomado 100 veces para obtener un porcentaje (e), así poder determinar también como desbalance de carga (CI). (Montoya, 2019)

## **Polímeros**

Son macromoléculas (generalmente orgánicas) formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros. Un polímero no es más que una sustancia formada por una cantidad finita de macromoléculas que le confieren un alto peso molecular que es una característica representativa de esta familia de compuestos orgánicos. Posteriormente observaremos las reacciones que dan lugar a esta serie de sustancias, no dejando de lado que las reacciones que se llevan a cabo en la polimerización son aquellas que son fundamentales para la obtención de cualquier compuesto orgánico. (Cornejo, 2019)

## **pH.**

El pH es el Potencial de Hidrógeno. Es una medida para determinar el grado de alcalinidad o acidez de una disolución. Con el pH determinamos la concentración de hidrogeniones en una disolución. Un hidrogenión es un ion positivo de Hidrógeno, es un «cachito con carga positiva» del Hidrógeno. (Olarde, 2017)

## **Grado de Esterificación**

Muestra el porcentaje de residuos del ácido galacturónico esterificado o metoxilado por el grupo metilo y se clasifican en pectinas de bajo (<50%) y alto metóxilo (>50%). Las pectinas forman geles en presencia de iones de calcio y de azúcar, en condiciones de bajo pH, característica importante para su utilización como aditivo en procesos de gelificación. (Chan & Choo, 2013)

## **CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES**

### **2.1. Formulación de la hipótesis**

#### **2.1.1. Hipótesis General**

Es posible obtener pectina a partir de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) Variedad Cayena Lisa mediante la aplicación de hidrolisis ácida y precipitación alcohólica.

### **2.2. Variables y su Operacionalización**

#### **2.2.1. Variable Independiente**

pH y temperatura de hidrolisis

#### **2.2.2. Variable Dependiente**

Rendimiento en pectina



**Tabla 1.** Variables y su operacionalización

Variable	Definición	Tipo por su naturaleza	Indicador	Escala de medición	Categorías	Valores de las categorías	Medio de verificación
pH	Medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o una solución	Cuantitativa	Adimensional	Intervalo	Acido Básico	3,4,5	Cuaderno de laboratorio
Temperatura	Grado o nivel térmico de un cuerpo o de la atmósfera	Cuantitativa	Grados Centígrados	Intervalo	Escala Celsius (°C)	60,75,90	Cuaderno de laboratorio
Rendimiento en pectina	Es la relación entre el peso de pectina obtenida por el peso de polvo de cáscara de piña multiplicada por 100.	Cuantitativa	Porcentaje en peso	Nominal	Rendimiento de calidad	10,11	Cuaderno de laboratorio

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

### 3.1. Diseño Metodológico

La presente investigación es de tipo descriptivo con enfoque cuantitativo experimental, porque se busca especificar resultados de las características fisicoquímicas de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) y de la pectina obtenida de acuerdo a la metodología propuesta.

La investigación es de diseño experimental; porque utiliza la experimentación mediante Diseño Factorial 3<sup>2</sup>, con dos factores pH y temperatura y tres niveles. pH 3, 4 y 5 Temperaturas 60, 75 y 90°C para observar el rendimiento de pectina en el proceso.

La metodología del presente trabajo, tiene las siguientes fases:

- Preparación del material recolección de la materia prima (cáscara de piña)
- Pesado
- Deshidratado de la materia prima
- Molienda
- Preparación del agua acidulada
- Hidrólisis ácida
- Enfriamiento de la mezcla
- Filtración
- Precipitación alcohólica
- Separación/Decantación
- Secado de la pectina
- Almacenamiento
- Caracterización de las propiedades físico-químicas de la pectina
- Resultados
- Discusión de los resultados
- Recomendaciones

### **3.2. Diseño muestral**

Para el presente estudio se realizó un diseño muestral aleatorio simple de todas las cáscaras de piña (*ananas comosus*) variedad cayena lisa, en estado fresco en los mercados de la ciudad de Iquitos.

### **3.3. Población de estudio**

La población de estudio estuvo constituida por todas las cáscaras de piña (*ananas comosus*) variedad cayena lisa de la provincia de Maynas.

### **3.4. Muestra**

La muestra estuvo constituida por las cáscaras de piña (*ananas comosus*) variedad cayena lisa de dos mercados de la ciudad de Iquitos en una proporción de 50% del mercado Belén y 50% del mercado modelo, las cuales se recogieron por conveniencia de los investigadores.

### **3.5. Criterios de selección**

Se eligieron aquellas cáscaras de piña (*ananas comosus*) variedad cayena lisa, de los frutos semimaduros y frescos, que no presenten signos de descomposición, cuyo color sea verde amarillento.

### **3.6. Instrumentos y técnicas de recolección de datos**

Para recabar información en el presente proyecto de investigación se utilizaron las siguientes técnicas en cada etapa:

### **3.6.1. Observación**

Para el caso de la materia prima la observación se realizó in situ durante la recolección de las cáscaras de los frutos de piña, teniendo en cuenta ciertas características físicas como el color que nos indicó el grado de madurez de los frutos, el aspecto que nos indicó el grado de degradación de las cáscaras, nivel de ensuciamiento, etc.

Para el caso del producto obtenido, la observación se realizó durante los análisis a los cuales se sometió la materia prima y correspondieron a los parámetros de pH y temperatura registrados por los equipos de medición correspondientes. Todo esto se desarrolló en grupo, los instrumentos empleados fueron:

- Check List
- Cuaderno de apuntes

### **3.6.2. Etapa de campo**

El recojo de muestras se realizó en bolsas plásticas, desde los recipientes donde están depositados los residuos de los mercados (Belén y Modelo), de la ciudad de Iquitos, para posteriormente ser llevados al laboratorio.

### 3.6.3. Etapa de laboratorio

Los parámetros no determinados en el campo, se realizaron en el laboratorio de análisis químicos industriales de la UNAP, durante esta etapa se realizaron las siguientes Procedimientos de trabajo estandarizado:

#### **Determinación de Humedad (Método: Estufa)**

##### **Procedimiento.**

- Se pesó 20 g de cáscara de piña seca y molida de cada muestra en una cápsula de porcelana y se llevó a la estufa a temperaturas entre (100-105°C).
- Finalizando la determinación cuando se obtiene dos pesadas iguales.

**Cálculos:** La diferencia entre el peso original y el peso constante, corresponde a la cantidad de agua de la muestra.

$$\%H = \frac{W_{inicial} - W_{const}}{W_{inicial}} \times 100 \text{ Porcentaje de agua}$$

Porcentaje de la materia seca: Se obtuvo por diferencia.

## **Determinaciones de Ceniza (Método: Mufla) a 600°C**

### **Procedimiento.**

- Se pesó 5 g de cáscara de piña seca y molida en un crisol de porcelana.
- Se colocó el crisol en la mufla calibrada a una temperatura de 600°C y se dejó secar por un tiempo de 2 horas.
- Después de la calcinación se enfrió y pesó hasta peso constante.

### **Cálculo:**

$$\%C = \frac{W_{ceniza}}{W_{materia\ inicial}} \times 100$$

## **Determinación de Grasa (Método: Soxhlet).**

### **Procedimiento.**

- Se pesó 4 gramos de cáscara de piña molida y seca.
- Se colocó en un cartucho tarado de papel filtro.
- Luego se colocó en el extractor Soxhlet. Previamente se pesó el balón.
- Se cargó con el disolvente apropiado con una cantidad suficiente para que se realice el sifoneo.
- La extracción se realizó manteniendo en contacto la muestra con el disolvente, hasta que el disolvente que sale por el sifón sea incoloro lo cual se logró después de 4 horas.

### **Cálculos:**

$$\%Grasa = \frac{W_{grasa}}{W_{inicial}} \times 100$$

## **Determinación de Fibra (Método-Digestión Ácido –Básico).**

### **Procedimiento.**

- Se pesó 2 gramos de cáscara de piña molida, seca y desengrasada.
- Ponerlos en un matraz de Erlenmeyer de 750 ml.
- Agregar 200 ml de ácido sulfúrico al 10 %. (25 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10% llevados a 200 ml) agitar la mezcla
- Calentar el contenido del matraz hasta ebullición, dejar hervir durante 30 minutos exactamente.
- Luego filtrar.
- Colocar el residuo en un matraz de 750 ml y aplicar 200 ml de NaOH al 10% (25 ml NaOH 10% llevados a 200 ml) calentar por 30 minutos.
- Pesar el papel filtro, Filtrar enseguida, lavar el residuo con etanol.
- Desecar en la estufa.
- Pesar hasta peso constante.

### **Cálculos:**

$$\%F = \frac{W_{fibra}}{W_{materia\ inicial}} \times 100$$

## **Determinación de Proteínas. (Método: Kjeldahl).**

### **Procedimiento**

- Pesar 0,1 gramo de materia seca desengrasada.
- En un balón apropiado colocar la muestra con 1,5 g de sulfato de potasio y 0,1g de sulfato de cobre y 5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado
- Luego colocar en el digestor hasta observar un color verde agua marina o ligeramente azulado operar bajo la campana de gases. Dejar enfriar el balón.
- Añadir 30 ml de agua destilada.
- Aparte en un matraz de 125 ml colocar 5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,25N y gotas del indicador rojo de metilo.
- Colocar en el destilador la muestra y NaOH 1:1 Hasta que se torne a un color negro, dejar destilar Kjeldahl hasta el doble del volumen del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- Luego se titula con NaOH 0,25N hasta que vire a color amarillo.

### **Cálculos:**

$$\%Nitrógeno = \frac{\#meq\ reacciona \times 0,014}{W_{muestra\ inicial}} \times 100$$

$$\#meq\ reacciona = \#meq\ inicial\ H_2SO_4 - \#meq\ NaOH\ reaccionan$$

$$\%Proteína = \%Nitrógeno \times F, F = \text{Factor de conversión}$$



### **Determinación de carbohidratos**

Se determina por la diferencia entre 100 y la suma de las proporciones centesimales de los componentes: agua, cenizas, grasa, fibra y proteína.

$$\text{Carbohidratos} = 100 - (\text{agua, ceniza, grasa, fibra y proteína})$$

### **Determinación del valor calórico.**

El valor calórico se calcula de la siguiente forma.

$$4(\% \text{ Proteína}) + 9 (\% \text{Grasa}) + 3,75 (\text{Carbohidratos}).$$

#### **3.6.4. Protocolo de monitoreo en laboratorio**

Las muestras obtenidas en campo (mercados Belén y Modelo), fueron llevados al laboratorio de análisis químicos industriales de la UNAP, donde inicialmente fueron pesados en una balanza analítica, para posteriormente ser depositados en placas de vidrio, para proceder al proceso de secado de todas las muestras obtenidas en campo en una estufa, el siguiente paso es la molienda de la materia prima, este procedimiento se realizó en una molino casero, luego se procedió a la preparación del agua acidulada haciendo los cálculos y pesando los reactivos en una balanza analítica para luego proceder a hacer la hidrolisis acida mezclando en un matraz de 250 ml el polvo de la cáscara de piña previamente deshidratado, después de la hidrolisis procedemos a la precipitación alcohólica en una pera de decantación, luego de 12 horas se separa y decanta la pectina la cual luego es secada y almacenada para los análisis posteriores.

### 3.7. Procesamiento y análisis de datos

El diagrama de bloques, nos indicara las diferentes etapas del proceso hasta obtener el producto final

**DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA OBTENCION DE PECTINA**



### **3.7.1. Recolección de materia prima**

La materia prima utilizada en el presente proyecto lo constituye las cáscaras de piña (*ananas comosus*) variedad cayena lisa, las cuales fueron recolectadas al azar descartando a las que presentaban signos de deterioro, luego depositandolas en bolsas plásticas de cierre hermético, en dos mercados (Belen y modelo) de la provincia de maynas, y transportadas hasta los ambientes del laboratorio de análisis químicos industriales de la FIQ-UNAP.

### **3.7.2. Pesado**

Se pesó las bolsas que contenían las cáscaras de piña recolectadas en una balanza.

### **3.7.3. Lavado**

Las cáscaras pesadas se lavaron con agua potable con la finalidad de retirar los cuerpos extraños y las impurezas en un balde de plástico de 10 litros de capacidad.

### **3.7.4. Cortado**

Con la finalidad de favorecer el deshidratado, con la ayuda de los cuchillos caseros se procedió a cortar en pequeños trozos de aproximadamente 4cm de longitud.

### **3.7.5. Deshidratado**

Los trozos pequeños, se introdujeron en una estufa a 65°C durante 96 horas hasta lograr un contenido de humedad de 10%

En esta etapa se utilizaron los siguientes equipos:

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Recipientes de vidrio (tambor), porcelana
- ✓ Estufa

### **3.7.6. Molienda**

Los trozos de cáscara de piña deshidratada se redujeron de tamaño hasta una granulometría de 40 mesh (número de malla) empleando un molino manual, luego el producto obtenido se depositó en un envase de vidrio se cerró herméticamente con una tapa y se almacenó a temperatura ambiente para su uso posterior.

### **3.7.7. Preparación de la solución acidulada**

Para la preparación del agua acidulada se mezcló agua destilada con el ácido cítrico, ajustando el pH de la solución a los niveles establecidos (3, 4 y 5), para lo cual se empleó un medidor de pH digital, obteniéndose una solución de ácido cítrico al 1,0 N.

### **3.7.8. Hidrólisis ácida**

El polvo de la cáscara de piña obtenido, se colocó en un matraz de 250ml y se realizó la hidrólisis ácida por el método abierto, durante 80 minutos, adicionando agua acidulada (pH = 3, 4 y 5), en una relación polvo de cáscara de piña/agua acidulada de 1:10 es decir 10 g de polvo de cáscara de piña y 100 ml de agua acidulada a temperaturas de 60, 75 y 90°C por espacio de 80 minutos manteniendo agitación constante de manera manual mediante una varilla de vidrio.

### **3.7.9. Enfriamiento**

El matraz conteniendo el producto de hidrolisis acida se enfrió a 10°C utilizando para ese fin un recipiente de plástico conteniendo trozos de hielo con la finalidad de minimizar la degradación de la pectina por el calor.

### **3.7.10. Filtración**

El producto hidrolizado y enfriado a 10°C se depositó en un embudo de vidrio cubierto con una tela de algodón fino, ayudando al flujo del mismo mediante compresión manual; recibiendo la fase acuosa filtrada en vaso de vidrio de 500ml.

### **3.7.11. Precipitación**

Para lograr la precipitación de la pectina, la fase acuosa resultante de la filtración se colocó en una pera decantadora y se agregó etanol comercial al 96%, se agitó enérgicamente y se dejó en reposo durante 12 horas para la precipitación correspondiente. La cantidad de etanol utilizada equivale al 80% del volumen de filtrado obtenido.

### **3.7.12. Separación/Decantación**

Después de transcurrido las 12 horas se observó dos fases y se procedió a separar la pectina precipitada en un vaso de vidrio; obteniéndose la pectina (húmeda) y una mezcla etanol – agua.

### **3.7.13. Secado**

La pectina húmeda obtenida se colocó en una estufa a una temperatura de 55°C por 96 horas, hasta reducir la humedad al 15%.

### **3.7.14. Almacenamiento**

La pectina seca obtenida se colocó en un frasco de vidrio con tapa y se almacenó en un lugar seco y fresco a temperatura ambiente (28-30°C).

### **3.8. Aspectos éticos**

Para que esta investigación se sustentará en los principios de la ética, se protegió la propiedad intelectual mediante la cita de los diferentes trabajos utilizados, se cuidó a la sociedad en el proceso investigativo; además no se trabajó con seres humanos ni animales.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Características fisicoquímicas de la cáscara de piña

**Tabla. 2**

Determinaciones	Muestra 1	Muestra 2
Humedad (%)	86,47	86,32
Cenizas (%)	0,75	0,78
Grasa (%)	0,04	0,05
Fibra (%)	3,46	2,75
Proteína (%)	3,27	3,04
Carbohidratos (%)	6,01	7,06
Energía (Kcal/100 g muestra)	35,97	39,07

### 4.2. Análisis estadístico

Con los datos experimentales obtenidos en cada uno de los puntos de prueba determinados por el diseño experimental, se realizó un análisis estadístico aplicando el análisis de varianza y que permite medir el nivel de significancia de las variables independientes respecto a la variable respuesta.

**Tabla 3.** Porcentaje del Rendimiento en pectina obtenido en los diferentes tratamientos aplicados.

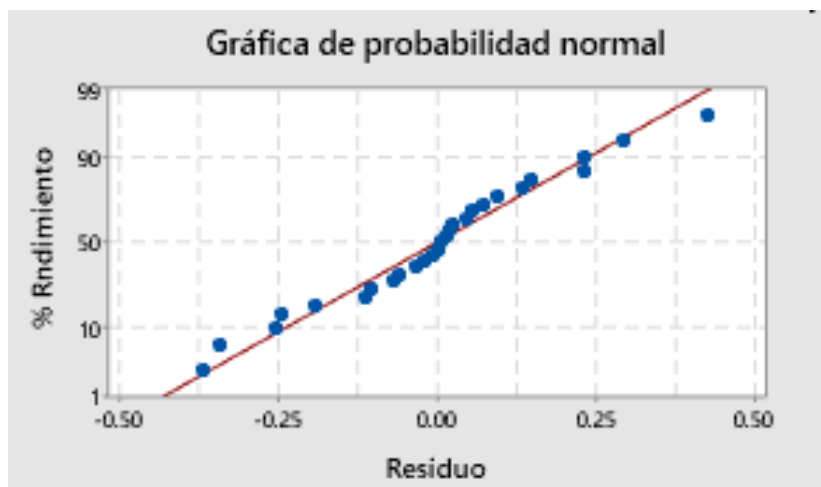
Tratamientos	pH	Temperatura	% Rendimiento	Desv.Est.
1	3	60	7,91	0,40
2	3	75	9,20	0,17
3	3	90	10,02	0,02
4	4	60	8,60	0,25
5	4	75	9,41	0,07
6	4	90	9,65	0,13
7	5	60	8,29	0,24
8	5	75	8,84	0,10
9	5	90	9,38	0,32

*Desv.Est. agrupada = 0.223018*



## 2.- Analisis de Varianza de un solo factor: % de Rendimiento vs. Tratamientos

Figura 1: Analisis de la normalidad de los datos obtenidos en los diferentes tratamiento mediante la grafica de probabilidad normal de los residuos.



### A. ANOVA de un solo factor: % Rendimiento vs. Tratamientos

#### Método

Hipótesis nula            Todas las medias son iguales  
 Hipótesis alterna        No todas las medias son iguales  
 Nivel de significancia     $\alpha = 0,05$   
*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

#### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Tratamientos	9	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9

**Tabla 4.** ANOVA de un solo factor: % Rendimiento en pectina vs. Tratamientos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	8	11,0846	1,38557	27,86	0,000
Error	18	0,8953	0,04974		
Total	26	11,9798			

**B. Comparaciones en parejas de Tukey**

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

**Tabla 5.** Prueba de Tukey a los valores medios del rendimiento obtenidos en los tratamientos

Tratamientos	N	Media	Agrupación			
3	3	10,0200	A			
6	3	9,6533	A	B		
5	3	9,4067	A	B	C	
9	3	9,383	A	B	C	
2	3	9,2033		B	C	D
8	3	8,8433			C	D E
4	3	8,597				D E
7	3	8,287				E F
1	3	7,910				F

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

**Análisis del diseño experimental factorial 3<sup>2</sup>**

Regresión factorial general: % Rendimiento vs. pH; Temperatura

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
pH	3	3; 4; 5
Temperatura	3	60; 75; 90

**Tabla 6.** Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	11,8331	1,47914	26,73	0,000
Lineal	4	10,4255	2,60638	47,10	0,000
pH	2	0,6725	0,33625	6,08	0,010
Temperatura	2	9,7530	4,87651	88,12	0,000
Interacciones de 2 términos	4	1,4076	0,35189	6,36	0,002
pH*Temperatura	4	1,4076	0,35189	6,36	0,002
Error	18	0,9961	0,05534		
Total	26	12,8292			

**Tabla 7.** Resumen del modelo

<u>S</u>	<u>R-cuad.</u>	<u>R-cuad. (ajustado)</u>	<u>R-cuad. (pred)</u>
0,235238	92,24%	88,79%	82,53%

Figura 2: Análisis de los efectos de las variables pH, Temperatura y la interacción del pH\*Temperatura mediante el diagrama de Pareto.

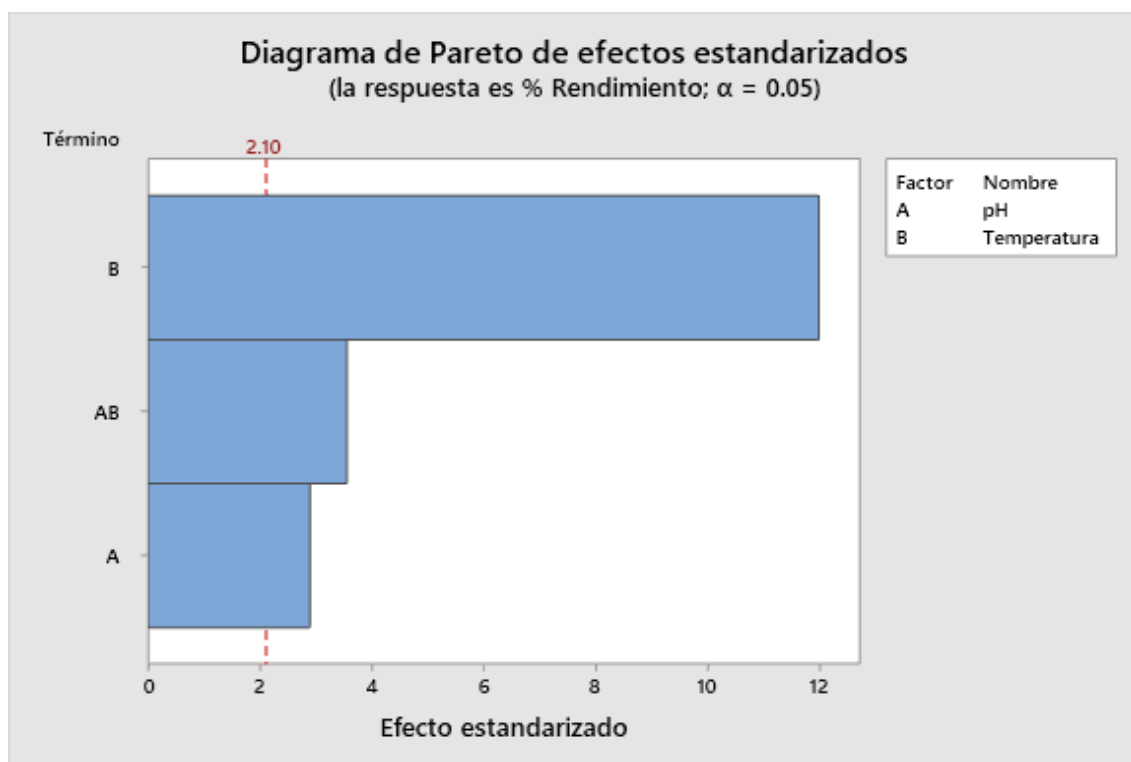


Figura 3: Gráfica de efectos principales para % Rendimiento

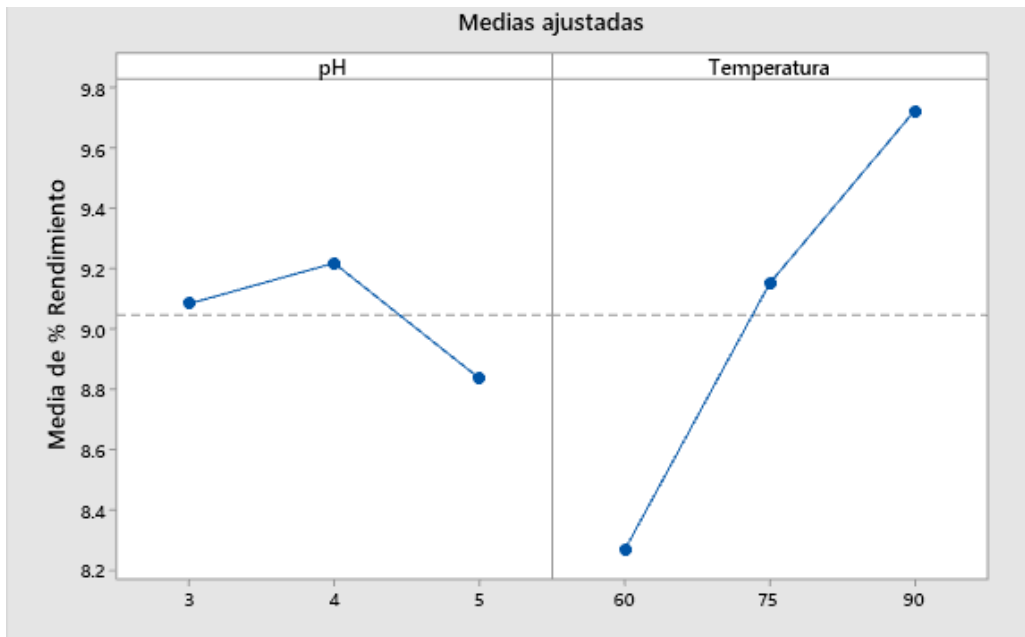
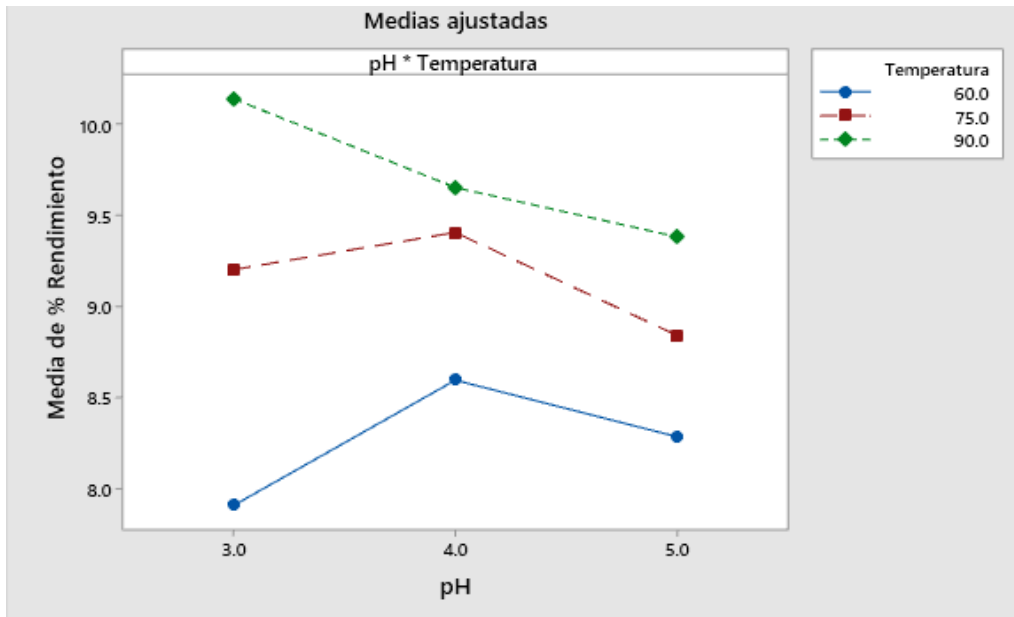


Figura 4: Gráfica de interacción para % Rendimiento



### 4.3. Caracterización de la pectina de cáscara de piña

En pectina obtenida se procedió a realizar una nueva extracción aplicando únicamente los parámetros que mostraron mejor rendimiento en el diseño experimental, con el fin de obtener una mayor cantidad se utilizó una muestra de 100 g de polvo de cáscara de piña, realizando los pasos tal como se describió en el diseño experimental para el proceso de extracción por el método de hidrólisis ácida mostrado en el anexo 3.

**Tabla 8.** Rendimiento

Para determinar el rendimiento se usó como base 100 g de polvo de cáscara de piña obteniendo los siguientes resultados:

Muestra	Masa de polvo de cáscara (g)	Masa de pectina (g)	% de rendimiento
Piña variedad cayena lisa	100	10,11	10,11

**Tabla 9.** Grado de esterificación

El análisis se realizó en tres muestras de pectina, los resultados obtenidos son los siguientes:

Muestra	Ensayo	Grado de esterificación	Promedio
Pectina de cáscara de piña	1	35,89	36,56
	2	35,93	
	3	37,87	

**Tabla 10.** Resultados de los análisis

Análisis	Resultados/Valores
Rendimiento (%)	10,11
Grado de esterificación promedio (%)	36,56
Acidez libre (meq carboxilo libre/g pectina)	5,0
Color	Marrón claro a oscuro

## CAPÍTULO V: DISCUSIONES

Los valores obtenidos en los análisis fisicoquímicos de pectina obtenida del polvo de las cáscaras de piña se encuentran dentro de los rangos obtenidos por otros autores, como es el caso del estudio realizado por (Arellano & Hernández, 2013) quienes reportan un rendimiento de 1,604%, el estudio realizado por (Barazarte, et al, 2008), reporta un rendimiento de 3,89g/100g ; valores por debajo de lo obtenido en el presente trabajo de investigación que fue de 10,11%, lo cual es consecuencia del tipo de ácido usado para la hidrólisis ácida, mientras que (Adomako, 1972, citado por Barazarte et al, 2008) obtuvo un rendimiento de extracción entre 8,0% a 11,0% (base seca) a partir de cáscaras de cacao. Los altos contenidos de la pectina extraída obtenidos a la temperatura de 90°C pueden atribuirse al mayor rompimiento de enlaces presentes en la propectina generado por el aumento de temperatura. La Protopectina representa un grupo de sustancias insolubles en agua presentes en las paredes celulares vegetales, a partir de las cuales, bajo hidrólisis, se obtienen las pectinas. El mayor rendimiento observado a pH 3 puede atribuirse al menor grado de desintegración de la pectina, ya que a pHs bajos pueden causar la depolimerización, (Yoslin, 1962, citado por Barazarte et al, 2008)

Con respecto al grado de esterificación promedio, (Barazarte, et al, 2008), obtuvieron un valor entre 37,94% y 52,20%, mientras que (Guidi y Arandia, 2010) obtuvieron un valor de 33%, por lo cual el valor de 36,56% obtenido en el presente estudio corresponde a una pectina de bajo metoxilo y se encuentra en el rango logrado por los autores citados.

La pectina estudiada presentó un valor de 5,0 meq/g de Acidez Libre, la cual representa los carboxilos libres en la cadena lineal de la pectina (Owens, et al, 1952, citado por Suarez y Orosco, 2014), el valor reportado en otros estudios realizados en Ecuador, usando como matriz cascarilla de cacao (*teobroma cacao* L.) y variando la solución extractora (ácido clorhídrico y EDTA 0,5% se obtuvo un valor de 1,38 meq/g (Lucas, 2012, citado por Suarez y Orosco, 2014), pero (Guidi & Arandia, 2010) reportaron una acidez libre de 0,7 meq/g, por lo cual se establece que el resultado mayor obtenido en el presente estudio, es atribuido a las diferencias en los parámetros de extracción de pectina. El color marrón oscuro de la pectina, se debe a que la pectina se secó en la estufa.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

- Se determinó las características fisicoquímicas de la cáscara de piña (*ananas comosus*) variedad cayena lisa, los resultados se muestran en la tabla 2 página 38.
- Utilizando el método de hidrólisis ácida se obtuvo un rendimiento de 10,11%.
- Se determinó la caracterización fisicoquímica de la pectina obtenida cáscara de piña (*ananas comosus*) variedad cayena lisa, los resultados se muestran en la tabla 10 página 43.
- De acuerdo a los resultados mostrados en el presente trabajo se concluye que el producto obtenido a partir cáscara de piña (*ananas comosus*) variedad cayena lisa, utilizando el método de hidrolisis acida corresponde a una pectina de bajo metoxilo, la cual puede formar geles con o sin azúcar en presencia de iones metálicos polivalentes, como el calcio, y en un amplio rango de pH (2,8 – 6,5), lo cual lo atribuye una considerable ventaja de uso frente a las pectinas de alto metoxilo.

Esto nos permite comprobar que las cáscaras de piña (*ananas comosus*) variedad cayena lisa, constituyen una nueva alternativa de utilización de los residuos sólidos (cáscaras de piña) generados en los mercados de Iquitos para la obtención de pectina.

## **CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES**

1. Realizar estudios de investigación para la obtención de pectina utilizando otras cáscaras de frutas existentes en los mercados regionales (cáscara de zapote, macambo, cacao, copoazu, cítricos, mango, sandía, pepino, etc.), para disminuir los residuos sólidos.
2. Usar un equipo de agitación automático durante la etapa de hidrolisis para mejor resultados en la obtención de la pectina
3. El agua destilada para la preparación del agua acidulada debe de ser de buena calidad
4. Utilizar alcohol de 96 grados a más.
5. Para un mejor secado en lo posible usar la estufa.
6. Realizar estudios comparativos de hidrolisis acida utilizando el ácido cítrico y el ácido clorhídrico.
7. Realizar un estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta industrial para la obtención de pectina a partir de la cáscara de piña.



## CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

**ALMEIDA, Cynthia. 2017.** *"Diseño de un proceso piloto de extracción de pectina como gelificante a partir de residuos de la naranja (Citrus Sinensis)". Trabajo de fin de carrera titulado.* Quito : Universidad Internacional SEK, 2017.

**AVILA GARAVITO, Edward Cedulio. 2019.** *"Extracción y caracterización de pectina a partir de residuos de cáscaras de piña (ananas comosus) por el método de hidrólisis ácida". Trabajo de grado.* Acacias : Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), 2019.

**GUNNING, A. BONGAERTS, R. and MORRIS, V. 2009** *"Recognition of galactan components of pectin by galectin-3".* The FASEB Journal.

**ARELLANO, G., & HERNANDEZ, M. A. 2013.** *"Evaluación del uso de la pectina extraída del procesamiento de piña y níspero en la preparación de mermeladas".* Venezuela: Universidad Rafael Urdaneta. Recuperado de <http://200.35.84.131/portal/bases/marc/texto/2101-13-06180.pdf>

**BARAZARTE, H; SANGRONIS, E Y UNAI, E. 2008.** *"La cáscara de cacao (Theobroma cacao L.): una posible fuente comercial de pectinas".* ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION, Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición, Vol. 58 N° 1, 2008, pp. 64-70. Universidad Simón Bolívar. Laboratorio de Análisis de Alimentos. Dpto. de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Central de Venezuela. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Caracas, Venezuela.

**CALDERÓN CHUQUITAYPE, Eduardo & MATOS CHAMORRO, Rodrigo Alfredo. 2011.** *"Fuentes para la extracción de pectina y su aplicación en la industria".* Lima : Universidad Peruana Unión, 2011.

**CORNEJO ARTEAGA, Paz María de Lourdes. 2019.** *"Aplicaciones de los polímeros".* [uaeh.edu.mx](http://uaeh.edu.mx) [En línea], Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México 2019. [Citado en: 04 de Octubre de 2020.] <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa3/n5/m8.html>

**CHAN, S.-Y.; CHOO, W.-S. 2013.** *"Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks".* Food Chemistry. (UK). 141(4):3752-3758.

**DECHECO EGÚSQUIZA, Alicia Cecilia. 2019.** *"Biotransformación de cáscaras de Ananas comosus (Piña) para la obtención de etanol en el marco de desarrollo sostenible de las regiones productoras del Perú". Tesis.* Lima : Universidad Nacional Federico Villarreal, 2019.

**DEL AGUILA FLORES, Daly & ZEGARRA JUMANGA, Diego Armando. 2016.** *"Extracción de pectina por hidrólisis ácida y precipitación alcohólica a partir de las cáscaras de cacao híbrido CCN51 (Theobroma cacao L.) para la fabricación de un prototipo de empaque alimentario, Pucallpa, Región Ucayali 2015". Tesis.* Pucallpa : Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, 2016.

- GARCÍA GUTIÉRREZ, E.M. 1978.** "*Extracción de pectina a partir de desechos industriales del membrillo (Cydonia oblonga)*". Tesis profesional. Lima. Universidad Nacional Agraria La Molina. 1978.
- GARCÍA, J. 2009.** "*Evaluación del rendimiento de extracción de pectina en aguas mieles del beneficiado de café procedentes de desmucilaginado mecánico*". Memoria para optar el título de ingeniero Químico, universidad de El Salvador, San salvador, Republica de El salvador.
- GAMBOA, M. 2009.** "*Aprovechamiento de los residuos obtenidos del proceso de despulpado del mango, de las variedades Smith, Tommy Atkins, Haden y Bocado como materias primas para la obtención de pectina*" (tesis postgrado). Puerto Cruz. Universidad de Oriente. Recuperado de <http://ri2.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/1133/2/PGIQ009G30.pdf>
- INIA-CONAFRUT. 1997.** El cultivo de la piña. Aspectos de la producción, manejo en post cosecha y comercialización. PROFRUT. Lima-Perú. 36 p.
- JARAMILLO, Jorge. 2002.** Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. "*Una solución para la disposición final de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones*". Lima, Perú : Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002.
- LOPEZ GAMARRA, Milagros Sofía. 2013.** "*Extracción de pectina de cocona (Solanum sessiliflorum dunal) por acidulantes y su caracterización fisicoquímica*". Tesis. Tarma : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2013.
- LA ROSA, J. 2000.** "*Situación y perspectivas del mercado de piña y lineamientos para la comercialización de piña Cayena Lisa*" (Proyecto Winrock Intemational - Asociación para el Desarrollo Sostenible). Acción Agraria. Lima- Perú. 46 p.
- MERRILL, E. 1917.** "*An Interpretation of Rumphius's Herbarium Amboinense*". Archivado desde el original el 23 de noviembre de 2010. [Citado el: 08 de Octubre de 2020.]diponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Ananas\\_comosus](https://es.wikipedia.org/wiki/Ananas_comosus)
- MUECKAY, M. 2006.** "*Obtención de la pectina a partir de desechos industriales de maracuyá*". Tesis. Guayaquil : Universidad Agraria del Ecuador, 2006.
- MONTOYA, Saúl. 2019.** "*Factores que influncian el balance iónico*". Revista - gidahatari gestión sostenible del agua. Página web - <https://gidahatari.com/ih-es/factores-que-influncian-el-balance-ionico>
- MULTON, Jean Louis. 1988.** "*Aditivos y Auxiliares de Fabricación en Industrias Agroalimentarias*". Zaragoza : Editorial Acribia, 1988.
- RAMOS, Edwin. 2020.** "*En Maynas se cultivan más de 1,700 hectáreas de piña de diversas variedades*". Agencia Agraria de noticias[Citado el: 05 de Noviembre de 2021.] diponible en:<https://agraria.pe/noticias/en-maynas-se-cultivan-mas-de-1-700-hectareas-de-pina-de-dive-22877>

**OLARTE ROMERO, Federico. 2017.** "*PH en el cuerpo y PH en el agua*". *Ecovidasolar*. [Online] Ecovidasolar, 31 de Julio de 2017. [Citado em: 06 de Octubre de 2020.] <https://www.ecovidasolar.es/blog/ph-en-el-cuerpo-y-ph-en-el-agua/>.

**PUERTA GOMEZ, A.F. 1996.** "*extracción de pectina LM de la cáscara de limón (Citrus aurantifolia) por el método electrolítico*". Memoria para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

**PHILLIPS, J. 2019.** "*piña*". iNaturalist Ecuador [Citado el: 05 de Noviembre de 2021.] disponible en: <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/122965-Ananas-comosus>

**PARADA PUIG, Raquel. 2020.** "*Heteropolisacáridos: características, estructura, funciones*". *lifeder.com*. [En línea] Lifeder, 2020. [Citado el: 08 de Octubre de 2020.] <https://www.lifeder.com/heteropolisacaridos/>.

**PARICHAT, C., & JURAIRAT, N. 2017.** "*Physicochemical and powder characteristics of various citrus pectins and their application for oral pharmaceutical tablets*". *Carbohydrate Polymers*, 25-31. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861717306860>

**PAGAN GILABERT, Jordi. 1999.** "*Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocotón*". Alicante: Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, 1999, 1–138. <https://doi.org/84-688-3807-1>

# ANEXOS

# ANEXO 1: RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LA CÁSCARA DE PIÑA VARIEDAD CAYENA LISA



## RESULTADO DE ANALISIS

Muestra : Cáscara de piña (Ananas Comosus) variedad Cayena Lisa.  
Tipo de Análisis : Físico-Químico  
Fecha de Análisis : 16 de junio del 2021

Determinaciones	Muestra 1	Muestra 2
Humedad (%)	: 86,47	86,32
Cenizas (%)	: 0,75	0,78
Grasa (%)	: 0,04	0,05
Fibra (%)	: 3,46	2,75
Proteína (%)	: 3,27	3,04
Carbohidratos (%)	: 6,01	7,06
Energía (Kcal/100 g muestra)	: 35,97	39,07

Iquitos 26 de junio del 2021

  
Rosa Isabel Souza Nájjar  
DOCENTE ADSCRITO FIQ-UNAP

Dirección: Av. Freyre Nº 616, Iquitos, Perú  
Teléfono: (5165) 24-3665 / 23-4101  
decanatofiq@yahoo.es

[www.unapiquitos.edu.pe](http://www.unapiquitos.edu.pe)

**ANEXO 2: PROCESO DE OBTENCION DE PECTINA A PARTIR DE CÁSCARA DE PIÑA VARIEDAD CAYENA LISA**

Figura 1 Preparación de material

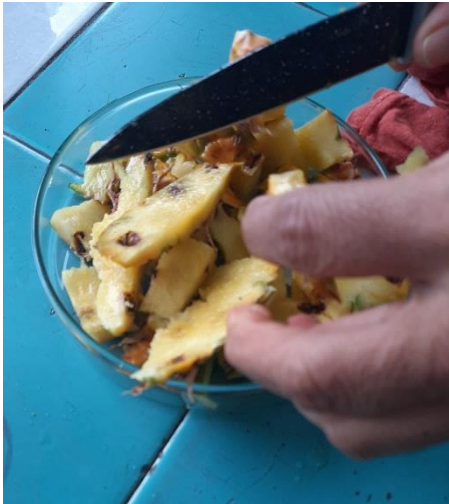




Figura 2 El deshidratado de las cáscaras y Molienda



Figura 3 Regulación de pH





Figura 4 Hidrolisis ácida del polvo de las cáscaras de piña



Figura 5 Filtración



Figura 6 Precipitación

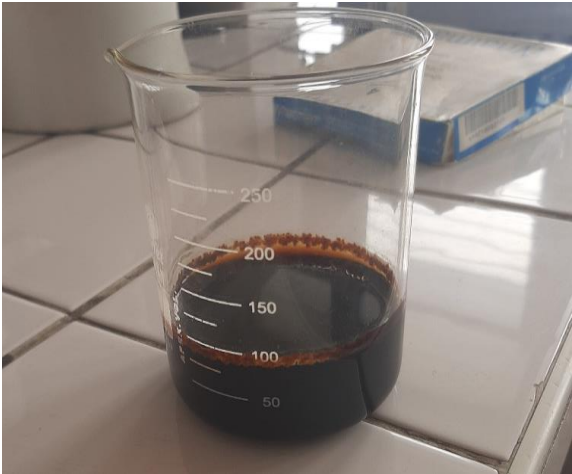


Figura 7 Separación/Decantación



Figura 8 Secado en papel filtro



**ANEXO 3: OBTENCIÓN DE PECTINA EN BASE A 100 g DE POLVO DE CÁSCARA DE PIÑA PARA ANÁLISIS FISICOQUÍMICO**



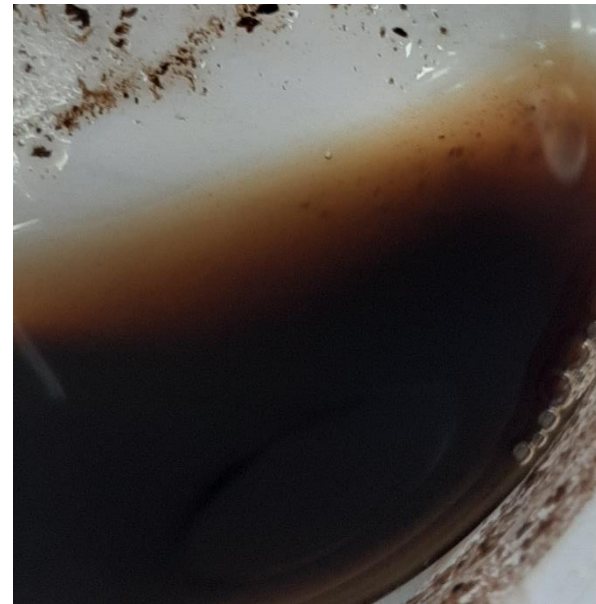
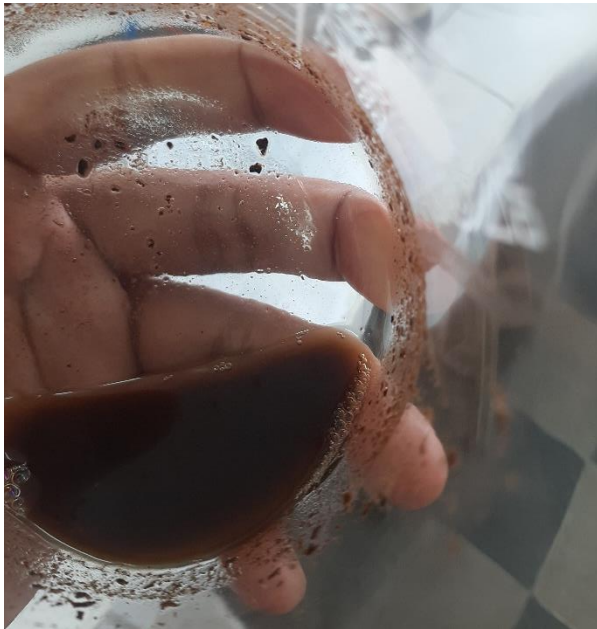


## ANEXO 4: IDENTIFICACION DE LA PECTINA OBTENIDA A PARTIR DE CÁSCARA DE PIÑA POR EL MÉTODO DE HIDROLISIS ÁCIDA

### 1. Método de identificación

- a) A una muestra de 500 mg de pectina adicionar 5 mL de agua, 5 mL de alcohol hasta que se forme un precipitado gelatinoso translucido.

Figura 9 Formación de precipitado gelatinoso translucido



b) A 25 mL de una solución 1 en 50 mL de la muestra de pectina, agregar 1 mL de hidróxido de sodio 2 N y dejar reposar por 15 minutos, se forma un gel.

Figura 10 Formación del gel



- c) Al gel obtenido en la prueba 2, acidificar con ácido clorhídrico 3 N y mezclar, se observó formación un precipitado voluminoso gelatinoso e incoloro, que por ebullición se tornó blanco, indicando la presencia de ácido péctico

Figura 11 Presencia de ácido péctico en la muestra



2. Determinación del peso equivalente y de acidez libre (Owens et al, citado por García, 2009)

Para la determinación del peso equivalente por titulación y de acidez libre se empleó la técnica de Owens, la cual consiste en pesar en un vidrio de reloj pequeño 500 mg de sustancia péctica, trasladar cuantitativamente a un erlenmeyer de 250 mL, con la ayuda de unos 5 mL o la mínima cantidad necesaria de alcohol de 95%-96% para humedecerla, agregar 100 mL de agua recientemente destilada y fría.

3. Determinación del contenido de metoxilo (Owens et al, citado por García, 2009)

A la solución empleada para la determinación del peso equivalente agregar 25 mL de hidróxido de sodio a 0,1 N, agitar perfectamente, taponar el erlenmeyer y dejar en reposo por 30 minutos a la temperatura ambiente. Seguidamente agregar 25 mL de la solución de ácido clorhídrico 0,25 N o la cantidad equivalente de ácido para neutralizar la soda adicionada. Agitar adecuadamente y titular con solución de hidróxido de sodio 0,1 N, usando fenolftaleína como indicador. Se usa la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Metoxilo} = \frac{\text{meq. de NaOH} \times \text{PM del metoxilo}}{\text{Peso Muestra en mg}} \times 100$$

4. Determinación del grado de esterificación (García, 2009)

El porcentaje de esterificación se calcula dividiendo los miliequivalentes del hidróxido de sodio gastados en determinación del contenido de metoxilo por la suma de los miliequivalentes de hidróxido de sodio gastados en la determinación de la acidez libre y los gastados en la determinación del contenido de metoxilo y multiplicando este valor por 100.

$$\% \text{ Esterificacion} = \frac{\text{meq. de NaOH}(\text{cont. de metoxilo})}{\text{meq. de NaOH}(\text{acidez libre}) + \text{meq. de NaOH}(\text{cont. de metoxilo})} \times 100$$



