



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Proyecto de Investigación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Agroindustrial.

Proyecto de Investigación

**“EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PECTINA A PARTIR DE
LA PULPA DE *Artocarpus Heterophyllus Lam* (JACKFRUIT)”**

Autor

Noe Omar Estrada Villares

Directora de proyecto de investigación

Ing. Sonnia Esther Barzola Miranda, MSc.

Quevedo - Ecuador

2018



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Noe Omar Estrada Villares**, declaro que la investigación descrita aquí es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo puede hacer uso de los derechos correspondiente a este documento, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Noe Omar Estrada Villares

C.C. 120731126-5



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

La suscrita, Ing. Sonia Esther Barzola Miranda, MSc., Docente principal de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante Noe Omar Estrada Villares, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA PULPA DE *Artocarpus Heterophyllus Lam* (JACKFRUIT)**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Sonia Esther Barzola Miranda, MSc.
DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO URKUND

Quevedo, 21 de Noviembre del 2018

Ing. Jorge Murillo Oviedo, MSc.
Decano de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de investigación cuyo tema es “**EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA PULPA DE *Artocarpus Heterophyllus Lam* (JACKFRUIT)**”, presentado por el estudiante ESTRADA VILLARES NOE OMAR, egresado de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del consejo directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de sesión extraordinaria, toda vez que se ha desarrollado de acuerdo al reglamento general de graduación de pregrado de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND el cual avala los niveles originalidad en un 92 % y similitud 8 %, de trabajo investigativo.

URKUND	
Documento	P.I. EXTRACCIÓN Y CARACTE. PECTINA OMAR.docx (D44342559)
Presentado	2018-11-21 11:02 (-05:00)
Presentado por	Sonia Barzola (sbarzola@uteq.edu.ec)
Recibido	sbarzola.uteq@analysis.orkund.com
8% de estas 31 páginas, se componen de texto presente en 7 fuentes.	

Valido este documento para que el Comité Técnico de la carrera siga con los trámites pertinentes, de acuerdo a lo que establece el reglamento de grados y títulos de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Por su atención deseo significar mis agradecimientos.
Cordialmente,

Ing. Sonnia Esther Barzola Miranda, MSc.
DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PECTINA A PARTIR DE
LA PULPA DE *Artocarpus Heterophyllus Lam* (JACKFRUIT)”**

Presentado a la Consejo Académico de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Gina Guapi Álava, MSc

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Robert Moreira Macías, MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Rogelio Navarrete Gómez, MSc

QUEVEDO – ECUADOR

2018

Agradecimiento

A mi querida familia por su incondicional apoyo, consejos e infinito cariño.

A la Ingeniera. Sonnia Barzola Miranda, mi tutora por la confianza puesta en mí para realizar el presente trabajo y su gran apoyo en el proceso de elaboración de la investigación.

A las Ingenieras Marlene Medina y Gina Guapi, por sus consejos y colaboración en parte de las actividades de desarrollo del proyecto de investigación.

Al personal del Laboratorio básico y de Bromatología (extensión La María) de la UTEQ por su cordial ayuda y disposición.

A mi compañera Nataly Arias Macías, por su gran apoyo incondicional en el proceso de realización de mi proyecto de investigación.

A Dianita Calle por las instrucciones y apoyo en el desarrollo del trabajo de investigación

A los docentes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la UTEQ, por sus ilustraciones académicas, paciencia y confianza concedida, formándome como profesional capaz de tomar decisiones y sobretodo incentivar valores éticos y morales.

Noe Omar Estrada Villares

Dedicatoria

A Dios, por las bendiciones que día a día me concede, y la oportunidad de alcanzar una de mis metas en mi vida.

A mis adorados abuelitos, por ser mi guía y fortaleza en todo momento.

A mi madre por el apoyo moral e incondicional en cada proceso y desarrollo de trabajo investigativo

A mi familia por inculcarme valores y guiarme a ser un hombre de bien y de trabajo cada día.

Noe Omar Estrada Villares

Resumen

La presente investigación se llevó a cabo en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, con la finalidad de extraer y caracterizar pectina a partir de la pulpa del Jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus Lam*). El estudio se basó en la evaluación de la influencia de tres factores con dos niveles cada uno: Factor A estado de madurez (Organoléptica y Comercial), Factor B temperatura (60 y 80°C) y Factor C tipo de ácido utilizado en la hidrólisis (Clorhídrico y Sulfúrico) , realizándoles tres repeticiones a cada factor, teniendo un total de 24 unidades experimentales a las que posterior obtención de resultados a nivel de laboratorio, se les realizó un análisis estadístico multifactorial ANOVA con un 0,05 % de significancia mediante el programa estadístico STATGRAPHICS. Respecto a la caracterización de las propiedades físicas (Viscosidad), químicas (Humedad, cenizas, contenido metoxilo, grado de esterificación, acidez libre, ácido galacturónico, peso equivalente) y rendimiento de la pectina, se la realizó en el Laboratorio básico de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), ubicado en el campus Ing. Manuel Haz Álvarez y en el Laboratorio de Bromatología de la finca experimental “La María”. El análisis determinó que los tres factores evaluados tuvieron influencia los resultados, siendo el mejor tratamiento $a_0b_1c_0$ correspondiente a la interacción de (M. comercial + 60°C + A. clorhídrico) con un porcentaje de rendimiento de 19.5 y un porcentaje de cenizas de 3.31 %; respecto a las demás variables e interacciones destacadas en términos generales, presentaron ser de bajo contenido metoxilo, bajo % AAG y grado de esterificación; sin embargo, todas las interacciones presentaron bajos porcentajes de humedad (entre 4.71 y 8.47%) lo cual es un factor positivo dado a la ventaja en ser pulverizada con facilidad.

Palabras claves: Pectina, Jackfruit, hidrólisis ácida, estado de madurez, características fisicoquímicas de pectina.

Abstract

The present investigation was carried out in the Quevedo canton, province of Los Ríos, with the principal objective of extracting and characterizing pectin from the flesh of the Jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus Lam*). The study was based on the evaluation of the influence of three factors with two levels each: Factor A maturity stage (Organoleptic and Commercial), Factor B temperature (60 and 80 ° C), and Factor C acid type used in hydrolysis (Hydrochloric and Sulfuric), performing three repetitions to each factor, having a total of 24 experimental units to which later obtaining results at the laboratory level, a multifactorial ANOVA statistical analysis was performed with a 0.05% significance through the statistical program STATGRAPHICS. Regarding the characterization of physical (Viscosity), chemical properties (Moisture, ash, methoxyl content, degree of esterification, free acidity, galacturonic acid, equivalent weight) and pectin yield, it was carried out in the University's Basic Laboratory State Technique of Quevedo (UTEQ), located on the Ing. Manuel Haz Álvarez campus and in the Bromatology Laboratory of the experimental farm "La María". The analysis determined that the three factors evaluated had an influence on the results, being the best treatment a₀b₁c₀ corresponding to the interaction of (commercial M. + 60 ° C + hydrochloric A.) with a percentage of yield of 19.5 and a percentage of ash of 3.31 %; Regarding the other variables and interactions highlighted in general terms, they were of low methoxyl content, low% AAG and degree of esterification; However, all the interactions presented low percentages of humidity (between 4.71 and 8.47%) which is a positive factor given the advantage in being easily sprayed.

Keywords: Pectin, Jackfruit, acid hydrolysis, state of maturity, physicochemical characteristics of pectin.

Tabla de contenido

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO URKUND.....	iv
Agradecimiento.....	vi
Dedicatoria	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
Tabla de contenido	x
Código Dublin.....	xvi
Introducción	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.1.2 Formulación del problema.....	5
1.1.3 Sistematización del problema.	5
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo General.....	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	5
1.3. Justificación.....	6
CAPÍTULO II.....	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1.1. Jackfruit.	9
2.1.2. Condiciones climáticas.	10
2.1.3. Usos y Valor nutricional.....	11
2.1.4. Producción mundial.....	11
2.1.5. Producción en el Ecuador.....	12
2.1.6. Pectina.....	13
2.1.6.1.Origen y definición.....	13

2.1.6.2. Clasificación de las sustancias péctidas.	13
2.1.6.3. Estructura química y tipos de pectinas.	14
2.1.6.4. Propiedades físico-químicas de las pectinas.	16
2.1.6.5. Métodos de extracción.	17
2.1.6.6. Usos y aplicaciones.	18
2.1.6.7. Condiciones para la aplicación de la pectina.	18
2.2. Marco conceptual.	19
2.2.1. Pectina.	19
2.2.2. Maduración comercial.	19
2.2.2. Maduración organoléptica.	20
2.2.3. Grados Brix.	20
2.2.4. Extracción de pectina.	20
2.2.5. Grado de esterificación.	20
2.2.6. Metoxilos.	20
2.3. Marco referencial.	21
CAPITULO III.	28
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.	28
3.1. Localización.	29
3.2. Tipo de Investigación.	31
3.3. Métodos de la Investigación.	31
3.4. Fuentes de recopilación de información.	32
3.5. Diseño de la investigación.	32
3.6. Instrumento de investigación.	34
3.6.1. Determinación de las características físicas-químicas de la pectina obtenida a partir de la pulpa del Artocarpus Heterophyllus Lam (Jackfruit).	34
3.6.1.1. Viscosidad aparente.	34
3.6.1.2. Humedad.	34
3.6.1.3. Cenizas.	35
3.6.1.4. Peso equivalente y acidez libre.	35
3.6.1.5. Grado de Esterificación.	36
3.6.1.6. Contenido Metoxilo.	36

3.6.1.7. Porcentaje de Ácido anhídrido galacturónico.....	36
3.6.2. Determinación del rendimiento de pectina extraída de la pulpa del Artocarpus Heterophyllus Lam (Jackfruit).....	37
3.7. Tratamiento de datos.....	38
3.8. Recursos humanos y materiales.....	39
CAPITULO IV.....	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1. Resultados.....	41
4.1.1.1. Flujograma para la obtención de la pectina del Jackfruit.....	43
4.1.2. Evaluación de la temperatura de hidrólisis ácida, tipo de ácidos y estado de madurez mediante la caracterización físico- química.....	44
4.1.2.1 Humedad.....	44
4.1.2.2 Cenizas.....	45
4.1.2.3 Peso equivalente.....	46
4.1.2.4 Acidez libre.....	46
4.1.2.5 Grado de esterificación.....	47
4.1.2.6 Contenido metoxilo.....	48
4.1.2.7 Contenido de ácido anhidrogacturónico (AAG).....	48
4.1.2.8. Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) de los análisis físicos y químicos.....	50
4.1.3. Determinar el rendimiento de extracción de pectina de la pulpa del Artocarpus Heterophyllus Lam (Jackfruit).....	52
4.1.3.2. Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) de rendimiento con respecto a los tratamientos ABC.....	53
4.1.3.3. Balance de materiales para la obtención de harina de la pulpa del Jackfruit.....	54
4.1.3.4. Rendimiento con respecto a la fruta del Jackfruit a harina.....	54
4.1.3.5. Balance de materia para la obtención de la pectina a partir de la harina de la pulpa del Jackfruit.....	55
4.1.3.6. Rendimiento de con respecto de la harina a pectina.....	55
4.1 Discusión.....	56
4.1.1. Con relación a la metodología utilizada en la extracción de la pectina mediante hidrólisis ácida.....	56

4.1.2. Con relación al procedimiento y rendimiento de la interacción ABC (estado de madurez + temperatura de hidrolización + tipos de ácidos),	57
4.1.4. Tratamiento de Hipótesis.....	60
CAPÍTULO V	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
5.1. Conclusiones.....	63
5.2 Recomendaciones.....	64
CAPÍTULO VI.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	65
CAPÍTULO VII.....	71
ANEXOS	71

Índice de tablas

Tabla 1	Descripción Taxonómica y Botánica del Jackfruit.....	9
Tabla 2	Nombres comunes del Jackfruit en diferentes países.....	10
Tabla 3	Condiciones climáticas del Jackfruit.....	10
Tabla 4	Valor Nutricional del Jackfruit por cada 100 g de porción comestible.....	11
Tabla 5	Condiciones para la aplicación de la pectina.....	19
Tabla 6	Características Edafoclimáticas del Cantón Quevedo y Quinsaloma.....	29
Tabla 7	Factores de estudio en la extracción y caracterizar de pectina a partir de la pulpa de Jackfruit.....	32
Tabla 8	Combinación de los tratamientos para análisis de la extracción de pectina a partir del Jackfruit.....	33
Tabla 9	Análisis de Varianza esquemática.....	33
Tabla 10	Listado de materiales utilizados en el proyecto de investigación para la extracción de la pectina.....	39
Tabla 11	Análisis de Varianza para Viscosidad.....	44
Tabla 12	Análisis de Varianza para humedad	44
Tabla 13	Análisis de Varianza para Cenizas.....	45
Tabla 14	Análisis de Varianza para Peso equivalente.....	46

Tabla 15	Análisis de Varianza para acidez libre.....	46
Tabla 16	Análisis de Varianza para grado de esterificación.....	47
Tabla 17	Análisis de Varianza para Contenido metoxilo.....	48
Tabla 18	Análisis de Varianza para AAG	48
Tabla 19	Análisis de Varianza para el porcentaje de Rendimiento.....	52

Índice de gráficos

Gráfico 1	Provincias de producción del Jackfruit en Ecuador.....	12
Gráfico 2	Estructura de un fragmento de la cadena de ácido galacturónico.....	14
Gráfico 3	Mapa de localización del Cantón Quinsaloma, proveedor de la materia prima.	30
Gráfico 4	Mapa de localización del Laboratorio Básico de la UTEQ.....	30
Gráfico 5	Mapa de localización del Laboratorio de Bromatología de la Finca “La María” de la UTE.....	31
Gráfico 6	Flujograma para la obtención de la pectina del Jackfruit.....	43
Gráfico 7	Diferencia de medias de la interacción ABC de la extracción de pectina del Jackfruit. Tukey ($p < 0,05$).....	50
Gráfico 8	Diferencias de medias en la interacción ABC con respecto al porcentaje de rendimiento.....	53
Gráfico 9	Balance de materiales para la obtención de harina de la pulpa del Jackfruit.....	54
Gráfico 10	Balance de materiales para la obtención de harina de la pulpa del Jackfruit.....	55

Índice de ecuaciones

Ecuación 1.	Porcentaje de humedad.....	34
Ecuación 2.	Contenido de cenizas (%).....	35
Ecuación 3.	Peso equivalente.....	35
Ecuación 4.	Acidez libre.....	35
Ecuación 5.	% de Grado de esterificación	36

Ecuación 6. % de Contenido Metoxilo.....	36
Ecuación 7. % de AAG.....	36
Ecuación 8. Porcentaje de Rendimiento.....	38

Índice de anexos

Anexo 1. Flujogramas de referencia para la extracción de pectina.....	72
Anexo 2. Extracto de la Norma AOAC 15: 1990- determinación de la humedad.....	73
Anexo 3. Extracto de la Norma INEN 401:2012 Conservas vegetales - determinación de cenizas.....	74
Anexo 4. Determinación de Peso Equivalente por el Método de Owens, H. (1952).....	76
Anexo 5. Determinación de Contenido metoxilo por el Método de Owens, H. (1952)...	77
Anexo 6. Memoria fotográfica.....	78
Anexo 7. Datos de las características fisicoquímicas y rendimiento obtenidos en el proceso de extracción de pectina.....	83
Anexo 8. Certificado de prácticas y análisis de laboratorio en el Laboratorio Básico de la UTEQ.....	84
Anexo 9. Certificado de prácticas y análisis de laboratorio en el Laboratorio de Bromatología de la Finca Experimental “La María”.....	85
Anexo 10. Certificado de prácticas y análisis de laboratorio en el Taller de Ingeniería Agroindustrial.....	86

Código Dublin

Título	“Extracción y caracterización de pectina a partir de la pulpa de <i>Artocarpus Heterophyllus Lam</i> (Jackfruit)”				
Autor	Noe Omar Estrada Villares				
Palabras clave	Pectina	Jackfruit	Hidrólisis ácida	Características físicas y químicas de la pectina	Estado de madurez
Fecha de publicación					
Editorial	Quevedo: UTEQ 2018				
Resumen	<p>La presente investigación se llevó a cabo en el Cantón Quevedo, Provincia de los Ríos, con la finalidad de extraer y caracterizar pectina a partir de la pulpa del Jackfruit (<i>Artocarpus Heterophyllus Lam</i>). El estudio se basó en la evaluación de la influencia de tres factores con dos niveles cada uno: Factor A estado de madurez (Organoléptica y Comercial), Factor B tipo de ácido utilizado en la hidrólisis (Clorhídrico y Sulfúrico) y Factor C temperatura (60 y 80°C), realizándoles tres repeticiones a cada factor, teniendo un total de 24 unidades experimentales a las que posterior obtención de resultados a nivel de laboratorio, se les realizó un análisis estadístico multifactorial ANOVA con un 0,05 % de significancia mediante el programa estadístico STATGRAPHICS. Respecto a la caracterización de las propiedades físicas (Viscosidad), químicas (Humedad, cenizas, contenido metoxilo, grado de esterificación, acidez libre, ácido galacturónico, peso equivalente) y rendimiento de la pectina, se la realizó en el Laboratorio básico de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), ubicado en el campus Ing. Manuel Haz Álvarez y en el Laboratorio de Bromatología de la finca experimental “La María”. El análisis determinó que los tres factores evaluados tuvieron influencia los resultados, siendo el mejor tratamiento a0b1c0 correspondiente a la interacción de (M. comercial + 60°C + A. clorhídrico) con un porcentaje de rendimiento de 19.5 y un porcentaje de cenizas de 3.31 %; respecto a las demás variables e interacciones destacadas en términos generales, presentaron ser de bajo contenido metoxilo, bajo % AAG y grado de esterificación; sin embargo, todas las interacciones presentaron bajos porcentajes de humedad (entre 4.71 y 8.47%) lo cual es un factor positivo dado a la ventaja en ser pulverizada con facilidad.</p> <p>Abstract. The present investigation was carried out in the Quevedo Canton, Province of Los Ríos, with the principal objective of extracting and characterizing pectin from the flesh of the Jackfruit (<i>Artocarpus Heterophyllus Lam</i>). The study was based on the evaluation of the influence of three factors with two levels each: Factor A maturity stage (Organoleptic and Commercial), Factor B acid type used in hydrolysis (Hydrochloric and Sulfuric) and Factor C temperature (60 and 80 ° C), performing three repetitions to each factor, having a total of 24 experimental units to which later obtaining results at the laboratory level, a multifactorial ANOVA statistical analysis was performed with a 0.05% significance through the statistical program STATGRAPHICS. Regarding the characterization of physical (Viscosity), chemical properties (Moisture, ash, methoxyl content, degree of esterification, free acidity, galacturonic acid, equivalent weight) and pectin yield, it was carried out in the University's Basic Laboratory State Technique of Quevedo (UTEQ), located on the Ing. Manuel Haz Álvarez campus and in the Bromatology Laboratory of the experimental farm "La María". The analysis determined that the three factors evaluated had an influence on the results, being the best treatment a0b1c0 corresponding to the interaction of (commercial M. + 60 ° C + hydrochloric A.) with a percentage of yield of 19.5 and a percentage of ash of 3.31 %; Regarding the other variables and interactions highlighted in general terms, they were of low methoxyl content, low% AAG and degree of esterification; However, all the interactions presented low percentages of humidity (between 4.71 and 8.47%) which is a positive factor given the advantage in being easily sprayed.</p>				
Descripción	102 hojas; Dimensiones, 29x21 cm + CD -ROM 6162				
URI	(en blanco hasta cuando se disponga los repositorios)				

Introducción

La tecnología en investigación de alimentos procura crear nuevos productos mediante el análisis de las características tales como el sabor, texturas y valor nutricional de una gran variedad de frutas enfocadas a un mercado de consumidores cuya demanda va en aumento. La industria de las pulpas de frutas puede ser explotada en la promoción de frutas exóticas o como materia prima en la elaboración de alimentos, sin la necesidad de que implique cambio perceptible en las cualidades organolépticas del producto [1]. En estos procesos pueden ser empleados algunos tipos de fruta y para los fines de este estudio se analizó exclusivamente el Jackfruit.

El Jackfruit es una fruta proveniente de Asia tropical, sus orígenes se reportan en la India y al pasar de los años fue introduciéndose en las regiones tropicales incluyendo el sur de Florida, las Antillas y América tropical continental [2]. Debido a factores biológicos y climáticos de cada región, esta planta ha ido transformando y adaptándose, de manera que en cada sector donde se encuentra este fruto, ha sido utilizado de distinta forma para su consumo. En Ecuador esta fruta tuvo sus inicios en el Oriente, actualmente es cultivada expandiendo, tales como en las provincias de Los Ríos, Napo, Sucumbíos, Orellana, y Cotopaxi [3].

De acuerdo a las observaciones de personas consumidoras del Jackfruit indican que, al conservar el néctar de esta fruta, tiende a cambiar sus características físicas como su espesor y color, por lo que se cree que posee sustancias gelificantes, como la pectina. Éste es un polisacárido presente en frutos y vegetales cuya característica principal de ser un gelificante natural, la cantidad y calidad de la misma depende del tipo de fruta y de su estado de madurez. Actualmente, la pectina se obtiene, a escala industrial, de manera tradicional, por hidrólisis con ácidos fuertes, principalmente de origen inorgánico, de difícil recuperación [4].

En la industria alimenticia, la pectina es utilizada como un ingrediente en repostería debido a su habilidad en la formación de geles acuosos es lo que la hace importante ya que crea o modificar la textura de compotas, salsas, confites y mermeladas; en la industria láctea es utilizada en la fabricación de yogures frutados y productos lácteos bajos en grasa, mientras que en la industria de bebidas dietéticas para la preparación de refrescos, debido a su bajo

contenido de carbohidratos, por sus propiedades estabilizantes y por incrementar la viscosidad [5].

En el presente proyecto de investigación se pretende dar a conocer la forma de extracción de pectina del Jackfruit lo cual hace indispensable la obtención de la misma durante la investigación, al obtener la pectina este se convierte en una alternativa para industrialización de esta fruta considerando que el producto a obtener es usado principalmente en la industria de alimentos.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.

1.1.1 Planteamiento del problema.

La insuficiente información sobre la fruta *Artocarpus Heterophyllus Lam (Jackfruit)*, de su consumo en fresco o procesado, así como también su limitado aprovechamiento para el sector agroindustrial, determina que esta fruta se deteriore con facilidad, perdiendo su beneficio de vida anaquelaría, por ser una fruta perecible, con ciclos agroclimático de cultivo anual, provocando su deterioro una vez que se madura, e incrementando pérdidas económicas a los productores y el sector agroindustrial.

La poca cultura de consumo en fresco, debido a sus características organolépticas de astringente y de sabor cítrico, con alto contenido de látex en su capa interna de la cubierta no es apetecible, lo que incurre que no haya gran extensión de cultivos, a esto se suma su alto costo de producción, lo que hace imprescindible que se formulen alternativas de aprovechamiento de la misma.

Diagnóstico

El Jackfruit o Jaca es originario de los bosques tropicales y subtropicales principalmente del sur de Asia en donde es consumido como una fruta común, sin embargo, en nuestro país muy poco se conoce debido a su baja demanda, aun así, la adaptabilidad de la planta para su cultivo en las zonas subtropicales es alta, especialmente en las zonas del noroccidente de Pichincha que son templadas subtropicales en donde hasta ahora sea mantenido a la fruta como un producto silvestre de muy bajo consumo [3].

Pronóstico

Al no encontrarse una alternativa para el consumo del Jackfruit, existirá desaprovechamiento de esta materia prima, su consumo como fruta no es muy acogida por las personas debido a las características organolépticas que presenta. Siendo una fruta de gran tamaño y rica en nutrientes al no ser industrializada, no aportaría con una mejora económica para desarrollo a los productores agrícolas y comerciantes de esta fruta y del país.

1.1.2 Formulación del problema.

¿La pectina obtenida de la pulpa de *Artocarpus Heterophyllus Lam* (Jackfruit) posee buenas características físicas y químicas?

1.1.3 Sistematización del problema.

¿Se podrá obtener pectina a partir de la pulpa de *Artocarpus Heterophyllus Lam* (Jackfruit)?

¿El rendimiento de la extracción de pectina es similar en sus dos estados de madurez?

¿Las características fisicoquímicas de la pectina extraída del Jackfruit cumplirán con la expectativa de calidad?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

Extraer y caracterizar pectina a partir de la pulpa de *Artocarpus Heterophyllus Lam* (Jackfruit)

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Describir el proceso de obtención de la pectina mediante hidrólisis acida
- Evaluar la, estado de madurez, temperatura de hidrólisis ácida y tipo de ácidos, de la pulpa del *Artocarpus Heterophyllus Lam* (Jackfruit) para la obtención de pectina, mediante la caracterización físico- química.
- Determinar el rendimiento de la extracción de pectina de la pulpa del *Artocarpus heterophyllus Lam* (Jackfruit)

1.3. Justificación.

En la actualidad ha tomado mucha importancia el consumo de alimentos naturales, con el propósito de minimizar el riesgo de problemas de salud, mejorando los productos y comercializando nuevos. El Jackfruit o Jaca es considerado un fruto exótico con gran valor nutricional, se caracteriza por sus propiedades organolépticas, su peculiar tamaño, y firmeza, siendo los bulbos los más importantes para el consumidor. Dentro del país se conoce muy poco esta fruta por lo que no presenta una demanda significativa, sin embargo, por su adaptabilidad para su cultivo en nuestras zonas subtropicales se podría adaptar perfectamente en nuestro país para su introducción para cultivo comercial debido a la versatilidad de usos en la industria alimenticia y potencial exportable ya sea como fruta entera o elaborada como pulpa y jugos concentrados [3].

El Jackfruit es poseedor de ciertas características especiales que resultan ser atractivas a la industria alimenticia llegando a ser meritorias de un mayor análisis ya que pese a estas presunciones la fruta han sido escasas las investigaciones y desarrollo de productos a partir de ésta [1]. Uno de los posibles usos es la extracción de pectina; la cual juega un papel fundamental en el procesamiento de los alimentos como aditivo y como fuente de fibra dietética. Los geles de pectina son importantes para crear o modificar la textura de compotas, jaleas, confites y productos lácteos bajos en grasa. Es también utilizada como ingrediente en preparaciones farmacéuticas como antidiarreicos, desintoxicantes, entre otros. Además, ésta reduce la intolerancia a la glucosa en diabéticos e incluso bajan el nivel del colesterol sanguíneo y de la fracción lipoproteica de baja densidad [6].

En la presente investigación se determinó las características físico-químicas de la pectina y brindó una alternativa para su industrialización, a través de la extracción de pectina utilizada como gelificante natural. En función de los resultados obtenidos, el presente trabajo puede ser considerado como un aporte para futuras investigaciones académico-científicas de la industria alimenticia.

Hipótesis.

➤ **Hipótesis Nulas.**

H₀: La temperatura de hidrólisis ácida, tipo de ácido y estado de madurez no influye en las características fisicoquímicas de pectina del *Artocarpus Heterophyllus Lam* (Jackfruit)

H₀: El rendimiento de la extracción de pectina de la pulpa del *Artocarpus Heterophyllus Lam* (Jackfruit) es igual en todos los tratamientos.

➤ **Hipótesis Alternativas.**

H₁: La temperatura de hidrólisis ácida, tipo de ácido y estado de madurez si influye en las características fisicoquímicas de pectina del *Artocarpus Heterophyllus Lam* (Jackfruit)

H₁: El rendimiento de la extracción de pectina de la pulpa del *Artocarpus Heterophyllus Lam* (Jackfruit) no es igual en todos los tratamientos.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco teórico.

2.1.1. Jackfruit.

2.1.1.1. Generalidades.

Artocarpus Heterophyllus Lam, es una especie perteneciente a la familia de las Moraceas, se conoce que es un arbusto cuyo origen se reporta en Asia tropical (desde la India hasta Malasia e Indias orientales), que al pasar de los años fue introduciéndose en las regiones tropicales incluyendo el sur de Florida, Las Antillas y América tropical continental [2]. La característica distintiva de esta planta es el enorme fruto que cuelga de sus troncos, el cual posee numerosos beneficios nutricionales y económicos [7].

Tabla 1. Descripción Taxonómica y Botánica del Jackfruit.

Clasificación Taxonómica	
Reino	Plantae
Orden	Rosales
Familia	Moraceae
Género	<i>Artocarpus</i>
Especie/Nombre científico	<i>Artocarpus Heterophyllus</i>
Nombre común	Jackfruit, Jaca.

Descripción Botánica	
Árbol	Alcanza hasta los 26 m de altura
Tronco	Recto, cilíndrico, sin apoyos de ramas bajas de 30 a 100 cm de diámetro
Hojas	Alternas, pecioladas, ovaladas-oblongas-elípticas u ovaladas
Flores	Masculinas y femeninas, racimos florales resecados y carnosos.
Fruto	Gigante de forma elíptica, redondeado o irregular, color verde-amarillo cubierto por puntas canónicas agudas

Fuente: Little, E; Wadsworth, F; Marrero, J. (2001) [8].

A nivel mundial, esta fruta es conocida por varios nombres de acuerdo al país en donde se encuentre (Tabla 2), sin embargo, es popularmente conocido como Jackfruit en inglés o como Jaca en español.

Tabla 2. *Nombres comunes del Jackfruit en diferentes países*

País	Nombres Comunes
Bangladesh	Kanthal
Brasil	Jaca
Cambodia	Khnor
China	Po-lo-mi
Colombia	Jaquero, Árbol de pan
Cuba	Rima
Estados Unidos	Jackfriut, Jack, Jaka
Guyana	Catahar
India	Kanthal, Kathal, Kantaka, Jaka
Indonesia	Nangka, Nongka, Lamasa, Malasa
Laos	Mak mi, May mi, Miiz, Mizz hngang
Malasia	Nangka, Tsjaka, Jaka
Nepal	Rookh-Katahar
Nicaragua	Castaño
Puerto Rico	Pana Cimarrona
República Dominicana	Pan de fruta, Buen pan, Albopán
Vietnam	Mit

Fuente: Haq, N. (2006) [7]

2.1.2. Condiciones climáticas.

El Jackfruit se adapta en climas húmedo-tropicales y húmedos-subtropicales, como se muestra en la Tabla 3, la Jaca puede crecer en altitudes desde el nivel del mar hasta 1600 msnm, sin embargo, la calidad de la fruta es mejor en elevaciones bajas. Respecto a la temperatura considerada buena para su crecimiento varía entre los 16-28 °C, sin embargo, para un óptimo crecimiento y producción ocurre en áreas continuamente cálidas.

Tabla 3. *Condiciones climáticas del Jackfruit*

Factor Climático	Mínimo	Máximo
Altitud (msnm)	Nivel del mar	1600
Precipitación anual (mm)	1000	2400
Temperatura (°C)	16	28

Fuente: SCUC, (2006) [9]

A nivel de Ecuador, investigaciones del cultivo de esta fruta en la Amazonía Ecuatoriana concluyen que esta fruta es intolerante a la sequía y prospera en ambientes con temperaturas medias entre 23-28 °C [3].

2.1.3. Usos y Valor nutricional.

Prácticamente se aprovecha en su totalidad esta especie porque tanto del tronco como de las ramas se adquiere madera, comúnmente las hojas son utilizadas como forraje de ganado y para cocinar; las semillas secas se utilizan en dulces o a su vez son hervidas como bebida, los frutos se consumen en fresco, cocinados o procesados en jugo, helados o rodajas fritas [2].

Tabla 4. Valor Nutricional del Jackfruit por cada 100 g de porción comestible.

Constituyente	Pulpa		Semilla
	Tierna	Madura	Madura
Humedad (%)	84	77,2	64,5
Carbohidratos (g)	9,4	18,9	25,8
Proteínas (g)	2,6	1,9	6,6
Grasas (g)	0,3	0,1	0,4
Fibra (g)	4,4	1,1	1,3
Minerales Totales (g)	0,9	0,8	1,2
Calcio (mg)	50,1	20	21
Fósforo (mg)	97	30	28
Hierro (mg)	1,5	500,1	0,8
Potasio (mg)	206	350	246
Vitamina A (IU)	0	540	17
Tiamina (mg)	0,2	30	0,2
Riboflavina (mg)	0,1	0,1	0,1
Ácido nicótico (mg)	0,2	0,4	0,3
Vitamina C (mg)	11	7	11
Valor Calorífico	50	84	139

Fuente: SCUC (2006). [9]

2.1.4. Producción mundial.

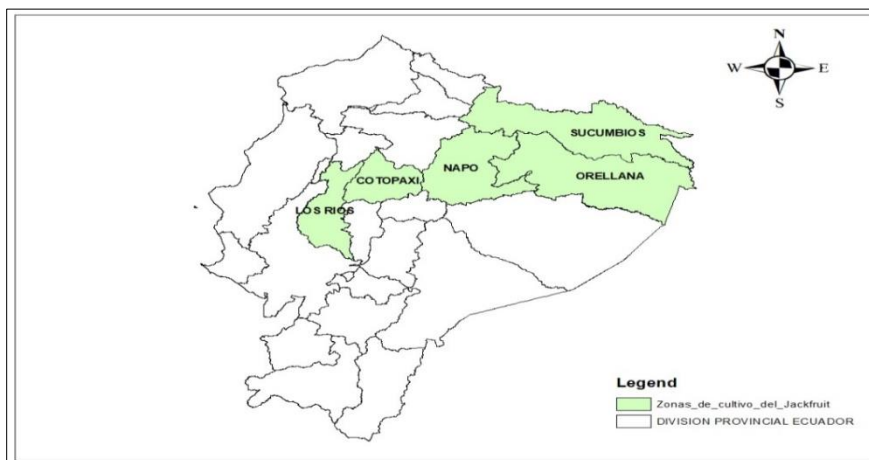
Dada a las condiciones de adaptabilidad que tiene el Jackfruit, no se produce en ciertas zonas del mundo. Como se ha mencionado con anterioridad, la fruta es originaria de la India en donde se ha cultivado desde hace siglos en Ghats Occidental. En países asiáticos posee gran importancia y es una fruta muy apreciada, especialmente al sur de China, Malasia y las Indias Orientales, así mismo en Filipinas, donde es tan común como el mango y el plátano. Se cultiva

en medida limitada en Queensland y Mauricio. En África es plantada en Kenya, Uganda y la antigua Zanzíbar. Fue plantado en Hawai en 1888, pero no es una fruta tradicional, así como en la mayoría de la América tropical y las Antillas. Se introdujo en el norte de Brasil a mediados del siglo XIX, en Surinam ha llegado a tener mayor acogida que en otros países. El rendimiento que logra el Jackfruit es de 39 frutos/árbol/año, con un peso promedio de 11,5 kg/fruto. Se obtiene 3900 frutos/ha/año [10].

2.1.5. Producción en el Ecuador.

A nivel nacional, se estima que los primeros árboles de la Jaca dieron sus frutos en el Oriente, sin embargo, décadas después éste fue introduciéndose en Santo. Domingo de los Tsáchilas esparciéndose hasta el noroccidente de Pichincha (Pecho Vicente Maldonado y Puerto Quito). Actualmente, existen diversos lugares en los cuales el cultivo de esta fruta se está expandiendo, tales como en las provincias de Los Ríos, Napo, Sucumbíos, Orellana, y Cotopaxi. Los meses que los cultivadores de esta fruta aprovechan para su cosecha son de Febrero a Julio, dado a que en este periodo los arbustos tienden a desarrollar más frutos, los cuales pueden llegar a pesar hasta 35 kilos y medir un metro, sin embargo, con el pasar de los días la fruta cambia su tonalidad por amarillo bajo, lo cual significa que está lista para su consumo [3].

Gráfico 1. Provincias de producción del Jackfruit en Ecuador



Fuente: Aguilar, M (2011) [3].

Elaborado por: Estrada O, 2018

En Ecuador, son pocos los proveedores de Jackfruit, sin embargo, existen pequeños vendedores que ofrecen y cultivan la fruta, el precio promedio de ésta es de \$20 por tres

unidades [3]. Al ser una fruta poco conocida por ser recientemente introducida en regiones cálidas del Ecuador, no cuenta con información amplia en sus productores, razón por la cual el procedimiento de cosecha es difícil para los agricultores del país y por ende aún no existe una industrialización [11].

Respecto al fruto en el país, el rendimiento alcanza el árbol es de 39 frutos por año, con un 35-40% de pulpa comestible, aproximadamente. Los frutos que tienen de 1 a 3 meses se consideran tiernos y pueden ser cosechados. Sin embargo, es difícil reconocer para lo cuando el fruto está bien maduro, en algunas variedades la cáscara cambia de color verde a verde claro o amarillo. Otros aspectos que pueden ser indicadores de la madurez del fruto es el aroma fuerte y la separación y recesión de las espinas; a su vez, de acuerdo a los agricultores que se dedican a la siembra y cosecha del Jackfruit indican que los frutos maduros producen un sonido suave cuando se golpean, al contrario de los frutos inmaduros que producen un sonido seco [11].

2.1.6. Pectina.

2.1.6.1. Origen y definición.

La pectina es un producto natural que está presente en los vegetales, especialmente en las frutas, es el principal responsable de su textura. El desarrollo y utilización de los distintos tipos de pectinas es relativamente reciente y ha sido fundamental para la evolución de las mermeladas y confituras. En el año de 1944 la American Chemical Society definió las sustancias péctidas como carbohidratos coloides presentes en las plantas y preparadas a partir de ellas, cuya unidad estructural es el ácido anhidrogálgacturónico. A partir de entonces, reciben el nombre comercial de “pectina” a los ácidos pectínicos solubles en agua parcialmente metoxilados, capaces de formar geles en determinadas condiciones [12].

2.1.6.2. Clasificación de las sustancias péctidas.

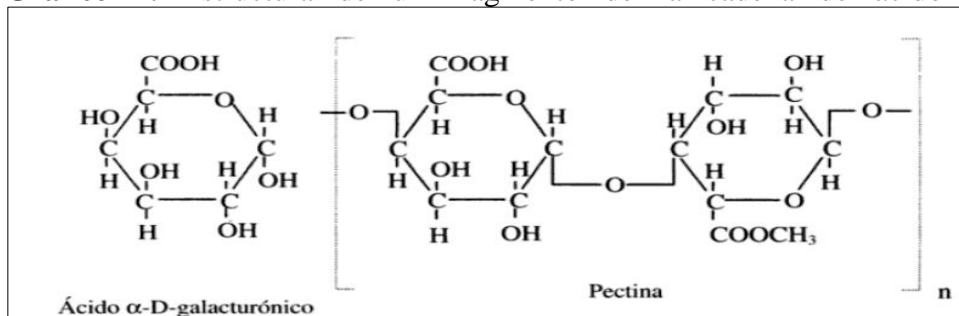
Las pectinas se clasifican en base al número de grupos carboxílicos esterificados que conformen la cadena de las sustancias pécticas:

- **Protopectinas:** Son aquellas en las que todos los carboxilos están esterificados, son insolubles en agua y se hallan en mayor cantidad en los tejidos de frutos no verdes (no maduros) [13].
- **Ácidos pectínicos:** Son aquellos en los que la mayor parte de los carboxilos esta esterificada. Si las condiciones de sólidos solubles y pH son las adecuadas, estos compuestos tienden a formar geles [13].
- **Pectinas:** Son los ácidos pectínicos, éstas son solubles en agua caliente y poseen un contenido medio de éster metílico. La principal característica es la capacidad de formar geles en presencia de suficientes solidos solubles, ácidos o iones polivalentes [13].
- **Ácidos pécticos:** Son aquellos que carecen de grupos carboxílicos esterificados. A las sales de éstos se les denomina pectatos y reaccionan con iones de Ca de las células para la producción de compuestos insolubles en los jugos de frutas, lo cual crea un precipitado que es visible en la separación de fases o abanderamiento en los néctares [13].

2.1.6.3. Estructura química y tipos de pectinas.

En términos bioquímicos, se define como pectina a un grupo de polisacáridos ricos en ácido galacturónico, con unidades de galactosa y arabinosa en intervalos raros, que además pueden presentar ramnosa, fructosa y xilosa [14]. Los fragmentos de ácido galacturónico (figura) presentan una forma piranosa. Los grupos de este ácido que conforman la pectina se unen mediante enlaces glucosídicos (1-4) para así dar origen a moléculas fibrilares constituidas por muchas unidades [15].

Gráfico 2. Estructura de un fragmento de la cadena de ácido



Fuente: Wang, A; et all (2012) [15]

Respecto a la estructura de la pectina, es un tema complejo que aún se encuentra en debate, sin embargo, la teoría más aceptada es la de Schols, H; et al (2009) [16] que expone que la pectina está compuesta por dos regiones importantes (lisa y rugosa) que forman su columna e involucran tres dominios de polisacáridos presentes en todos los tipos de pectina: Homogalacturonano y ramnogalacturonano I y II. Estos dominios se unen covalente formando la red péctidas en toda la pared celular primaria y laminillas intermedias. Debido a la complejidad de su estructura el peso molecular de la pectina está comprendido entre 50 000 y 180 000 daltons. En un medio con pH neutro las cadenas de este polisacárido se encuentran cargadas negativamente y su pI es cerca de 3,5 [17].

Un término importante al clasificar las pectinas es el grado de esterificación, el cual se define como la relación entre la cantidad de esterificaciones de los grupos carboxilos con metanol y el contenido de ácido galacturónico, se lo expresa en porcentaje [14]. Por lo tanto, en función de su grado de esterificación, se clasifican a las pectinas en:

- **Pectinas de alto índice metoxilo:** También conocidas como pectinas muy esterificadas o HM (en inglés: High metoxil), éstas contienen más del 50% de grupos carboxílico esterificados, son capaces de formar geles en productos con más del 55% de azúcares a pH entre 2,2 y 3,3 con un contenido de pectina del 0,3 al 0,5 % [12].
- **Pectinas de bajo índice de metoxilo:** Conocidas como pectinas poco esterificadas o LM (en inglés: Low metoxil) a diferencia de las pectinas HM, éstas contienen menos del 50% de grupos carboxílico esterificados, y son capaces de formar geles en productos con bajos contenidos en azúcar a un mayor pH [12].

La diferencia en el grado de metoxilación influye directamente en la capacidad de producción de geles de cada pectina. Así las pectinas HM demandan un intervalo de pH próximo a 3.0 para la formación de geles, generalmente son solubles en agua caliente y deben de contener un agente dispersante como la dextrosa para la prevención de grumos durante el proceso de gelificación. Por otro lado, las pectinas LM producen geles independientemente del pH del medio, sin embargo, requieren la presencia de una cantidad controlada de iones de calcio u

otros cationes divalentes, razón por la cual son de mayor interés que las pectinas HM para su empleo en la tecnología farmacéutica [18].

2.1.6.4. Propiedades físico-químicas de las pectinas.

- **Solubilidad:** El mejor solvente para las pectinas es el agua, sin embargo, éstas también reaccionan ante la formamida, dimetilformamida y glicerina caliente. Es insoluble en solventes orgánicos y en soluciones de detergentes cuaternarios, polímeros, proteínas y cationes polivalentes; pero estos agentes son utilizados para poder precipitar la pectina de las soluciones después de un proceso de hidrólisis por tratamiento de materia prima [19].
- **Acidez:** En su estado natural, las pectinas son neutras. Sin embargo, al estar en una solución, dependiendo del medio y del grado de esterificación tienden a tener un pH ácido. El pH de las soluciones de la pectina varía entre 2.8 y 3.4 como función del grado de esterificación [20].
- **Poder de gelificación:** Se considera gelificación la capacidad de las pectinas en formar soluciones coloidales, por lo que precisa otros agentes en proporciones adecuadas (ácidos, agua y azúcares). Las propiedades del gel son el resultado de interacciones complejas entre soluto y solvente, siendo el agua un solvente que mantiene la integridad del gel. Las moléculas de pectina no se acoplan completamente, por lo que éstas poseen secciones definidas de interacción donde las moléculas se entrecruzan proporcionando lugar a una red tridimensional en cuyo interior se almacena agua, a éste se le denomina Hidrogel [21].
- **Grado de esterificación:** El grado de esterificación es directamente proporcional a la velocidad de gelificación, por lo tanto, las pectinas con un elevado grado de esterificación el tiempo de formación del gel es menor [21].
- **Longitud de cadenas:** Determina la consistencia del gel [21].

- **Peso molecular:** Está relacionado con la longitud de la cadena, de éste depende la viscosidad de sus disoluciones y su comportamiento en la gelificación de las jaleas. Los pesos moleculares de pectinas y su distribución han sido estudiados sistemáticamente por viscosimetría y han determinado que los pesos moleculares varían entre 20 000 a 30 000 [22].
- **Acción de las bases:** La adición de hidroxilo de sodio permite la obtención de sales ácidas, pectinatos neutros y posteriormente el fenómeno de demetoxilación, es decir, el rompimiento de los ésteres metílicos [21].

Acción de los ácidos: Solubilizan la protopectina, razón por la cual se emplea medio ácido controlado en los procesos de extracción de la pectina, aceleran la separación de los metoxilos [21].

2.1.6.5. Métodos de extracción.

Existen diversos métodos (físicoquímicos y enzimáticos) que permiten obtener pectina de variada calidad, dado a que el producto dependerá directamente del tratamiento utilizado (Anexo 1). A continuación, se presenta los tres métodos más conocidos:

- **Extracción con soluciones ácidas:** Es un método convencional, requiere aproximadamente treinta minutos a una hora para lograr la obtención de un buen rendimiento, es un complejo proceso en el que la hidrólisis, extracción y solubilidad de las moléculas de pectina de los tejidos de las frutas se efectúan bajo influencia de la temperatura, pH y el tiempo de tratamiento. A nivel industrial el método más utilizado es la extracción de pectina en medio acuoso acidificado, el cual se lo lleva a cabo a temperaturas que oscila entre los 60°C a 95°C y un pH de 1,5 a 3,0. Por otro lado, los ácidos inorgánicos generalmente utilizados son el ácido clorhídrico sulfuroso y fosfórico; y entre los ácidos orgánicos y sus sales más usados están el ácido cítrico, oxálico, oxalato de amonio, ácido tartárico [23].

- **Extracción con previa aplicación de ondas microondas:** Este proceso consiste en el calentamiento delimitado de las modas de frutas mediante ondas microondas provocando el aumento de la temperatura y presión del pericarpio. La presión se acumula en el interior del material lo que provoca su incremento, para luego dar lugar al fraccionamiento de la estructura celular, tejidos y liberación de sustancias intracelulares; mientras que el aumento de la temperatura inactiva las enzimas que degradan la pectina [23].
- **Extracción enzimática:** Utiliza microorganismos endo-poligalacturonasa (*Aspergillus niger*, *Aspergillus kawachii*), endo-celulasa (*Trichoderma* sp.) y endo-arabinasa (*A. niger*), de las cuales la primera permite una mayor solubilización de la pectina [23].

2.1.6.6. Usos y aplicaciones.

Siendo la principal característica de las pectinas su capacidad de gelificar y estabilizar ciertos alimentos, su acción beneficia las propiedades reológicas de mermeladas, lácteos, jaleas, jugos, etc. En la industria alimenticia es utilizada para combatir la sinéresis de mermeladas y conservas, a su vez es considerada dietética, ya que al formar geles de alta viscosidad que inhiben la asimilación de compuestos en el estómago e intestino y al combinarse con el agua generan una capa hidrofílica que evita que el colesterol y las sales biliares atraviesen el intestino [24]. En el ámbito farmacéutico, la pectina es manipulada en las formulaciones como gelificante instantáneo del paracetamol y ambroxol para que su liberación en el estómago sea de forma lenta y pueda controlar la velocidad de disipación [25].

2.1.6.7. Condiciones para la aplicación de la pectina.

Respecto a la aplicación de la pectina, a continuación en la tabla 5 se detalla ciertas condiciones específicas:

Tabla 5. *Condiciones para la aplicación de la pectina*

Etapa	Condición
Almacenamiento	Lugar frío y seco, El poder de gelificación es menos, aproximadamente el 2% anual.
Rango de aplicación	Alto contenido metóxilo: sólidos solubles de por lo menos 55% , pH < 3.5; Alto contenido metóxilo: requieren calcio
Concentración	3 a 6 g por cada kg del producto final
Tipo de asentamiento	Alto contenido metóxilo contiene 65% de solidos solubles a pH2.9
Previa añadir agua	Mezclar con 5 veces el doble de su peso en azúcar
Disolución	Disolución incompleta en medios con un contenido mayor a un 25%.
T ° de ebullición	Se disuelven lentamente en medios fríos.

Fuente: Muñoz, F (2011) [26]

Elaborado por: Estrada, O (2018)

2.2. Marco conceptual.

2.2.1. Pectina.

Sustancia neutra encontrada en varios tejidos vegetales, es un polisacárido conformado principalmente por ácido galacturónico, en la industria es utilizada para para otorgar consistencia a mermeladas y gelatinas [25].

2.2.2. Maduración comercial.

Hace referencia a la condición en que se encuentra una determinada fruta u hortaliza que ha alcanzado el punto óptimo de su desarrollo, el cual permite tolerar el transporte, manipulación y almacenamiento hasta ser consumido [27].

2.2.3. Maduración organoléptica.

También llamada madurez fisiológica, hace referencia al estado en que la fruta u hortaliza ha alcanzado su máximo sabor y aroma, determinándolo apto para su consumo [27].

2.2.4. Grados Brix.

Los grados Brix, en las frutas es un indicador del total de sacarosa que contiene una determinada fruta [10].

2.2.5. Extracción de pectina.

Comercialmente la pectina se extrae tratando la materia prima como ácido mineral, caliente y diluido a pH bajo; el intervalo de tiempo varía dependiendo de la materia prima, el tipo de pectina deseada [28].

2.2.6. Grado de esterificación.

También denominado grado de metoxilación, es el responsable de regular la velocidad de gelificación y de algunas propiedades organolépticas de los geles pectina-azúcar ácido que forman las pectinas de alto metoxilo [14].

2.2.7. Metoxilos.

Grupo funcional o radical conformado por un grupo metilo unido a un oxígeno, respecto a las pectinas, este término está relacionado con el grado de esterificación, clasificándolo en pectinas de alto contenido metoxilo (HM) y bajo contenido metoxilo (LM) [12].

2.3. Marco referencial.

- ***Diseño de un proceso industrial para la obtención de pectina a partir de desechos de mango (cáscara).***

Pérez, P; el atl. 2001 [29], llevaron a cabo un diseño de un proceso industrial para la obtención de pectina a partir de desechos de mango, específicamente la cáscara. Estableciendo un proceso estándar mediante una prueba experimental a nivel de laboratorio en la cual se seleccionó frutos maduros utilizando en la hidrólisis ácida HCl con un pH de 3.2 a $80 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 75 minutos, a la vez realizaron los respectivos cálculos para un escalado desde la parte de la extracción de la pectina hasta la programación del producto final con sus debidas especificaciones, estrategias y aspectos técnicos necesarios para la comercialización y presentación del producto que junto a un estudio de mercado y evaluación financiera del proyecto se esperó cumplir con el objetivo de llevar el producto al mercado industrial.

- ***Extracción de pectina a partir de cáscara de "naranja criolla" (Citrus aurantium L.).***

Chávez, J (2013), llevó a cabo la extracción de pectina a partir de cáscara de "naranja criolla" (*Citrus aurantium L.*) proveniente de la Provincia de Rodríguez de Mendoza-Honduras; el propósito fundamental del estudio fue el evaluar el proceso de extracción de pectina de la fruta en estado de madurez verde, mediante el método de hidrólisis ácida empleando como ácido el HCl a temperaturas de 60°C y 90°C . En el análisis estadístico se empleó un DCA con 3 repeticiones y dos factores A y B (pH y temperatura de extracción, respectivamente), para la comparación de medias de los tratamientos emplearon la prueba de Tukey con un 0,05 de significancia. Posteriormente al proceso y análisis estadísticos, los resultados de la investigación demostraron que al emplear un pH de 2,0 y una temperatura de 90°C , se obtendrían un 15,6% de rendimiento de pectina [30].

➤ **Caracterización fisicoquímica de pectinas de cascara de tuna y su posible uso en la industria alimentaria.**

Chaires, L; et al (2009), en su estudio llevado a cabo en San Pedro Zcatenco, México, evaluaron las características fisicoquímicas de la pectina teniendo como materia prima la cáscara de Tuna. La investigación se basó en una técnica mejorada a nivel de laboratorio por los autores, evaluaron pH y viscosidad teniendo como grupo control pectinas cítricas comerciales (PCC). Los valores de pH para la pectina en estudio fueron de 7,01 a 7.92, mientras que para la PCC entre 3.80-3.90; respecto a la viscosidad los valores fueron para la pectina de la Tuna entre 14.45 y 55.62, y para la PCC 9.74-64,89. Posteriormente se evaluó la densidad, tensión superficial y estabilidad a 40°C en ambas pectinas en concentraciones de 25 y 50% cada una; los valores obtenidos en ambas pectinas fueron muy parecido. Como conclusión se demostró que las características de las pectinas de la cascara de la tuna tiene similitud respecto a las pectinas cítricas comerciales [31].

➤ **Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO).**

Zegada, V. (2015 realizó una investigación basada en la extracción de pectina a partir de residuos de cáscara de naranja, su estudio se basó en la comparación de dos métodos de extracción de pectina: Hidrólisis ácida e Hidrólisis ácida asistida por microondas. Se establecieron como variables el pH, la proporción solvente, tiempo de extracción y se evaluó el porcentaje de rendimiento, ácido galacturónico, porcentaje de metoxilos y grado de esterificación. Los tiempos demandados para la extracción por HMO fueron considerablemente menores en comparación del otro método. Respecto a los valores óptimos para la operación de hidrólisis mediante ambos métodos se establecen un pH de 2.17, proporción solvente: materia prima de 18:1, temperatura de 91°C; sin embargo, las variables tiempo máximo de extracción, % de rendimiento, AG y metoxilos difieren en ambos métodos. Además, obtuvieron una ecuación que representa el desempeño de la extracción de pectina de HMO con confiabilidad dentro del intervalo de valores estudiado para la estimación del % de rendimiento en función del pH, proporción solvente: materia

prima y tiempo de extracción. Aplicando este método se pretende generar un ahorro de energía y tiempo en el proceso de producción de pectina [32].

➤ **Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana.**

Chasquibol, N; Arroyo, E; Morales, J. (2008) realizaron la extracción y caracterización de pectina a partir de 15 frutos de la biodiversidad peruana (níspero de sierra, granadilla, lúcuma, carambola, guayaba, maracuyá, ciruelo de fraile, tomate de árbol, chirimoya, cocona, tuna, tumbo, aguaymanto, yacón, camu-camu). Siendo los frutos del níspero de la sierra (*Nespilus germánica*) y de la granadilla (*Pasiflora ligularis*) los que destacaron por su alto contenido de ácido galacturónico (87,97% y 85,99%), alto grado de metoxilación (89,15% y 88,24%), alto grado de esterificación (86,24% y 88,79%), comprobado por espectrofotometría FT-IR, y alto peso molecular (10183,5 y 16366,96), respectivamente [5].

➤ **Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de la cáscara del fruto de cacao (*Theobroma cacao L.*).**

Por otro lado, Mendoza, L; Jiménez, J; Ramírez, M. (2017), llevaron a cabo una investigación en Colombia denominada “Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de la cáscara del fruto de cacao (*Theobroma cacao L.*)”, cuyo propósito fue evaluar el rendimiento y las características de la pectina extraída enzimáticamente a partir de la cáscara del fruto de cacao, analizando los resultados obtenidos mediante un diseño de tipo un factorial conformado por 4 tratamientos. Como primer paso, elaboraron un producto tipo conserva (mermelada), donde compararon la pectina obtenida con la pectina comercial de alto y bajo metóxilo; en ambos casos evaluaron la viscosidad aparente. Los resultados demostraron que el método enzimático presentó mayor rendimiento de extracción en comparación con hidrólisis ácida, la caracterización fisicoquímica de éste es de bajo contenido metóxilo y puede ser utilizada en la industria alimentaria, con una diferencia de 9,3 puntos porcentuales, reducción de costos del 47,7% y menor consumo energético, al utilizar una temperatura óptima de trabajo de 50°C, para las enzimas, muy por debajo de la empleada en

hidrólisis ácida, de 90°C. Se puede comprobar y recomendar con hechos la oportunidad viable de aprovechamiento los residuos del cacao para la obtención de pectinas, utilizando enzimas comerciales, con posibles usos en la industria alimentaria [33].

➤ **Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de Maushan (*Vaconcella wberbaueri* (Harms) V.M Badillo) en dos índices de madurez provenientes del distrito de San Miguel de Soloco, Región Amazonas.**

Maldonado, Y; Salazar, S. (2010) realizaron un estudio en base a la extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de Maushan (*Vaconcella wberbaueri* (Harms) V.M Badillo) en dos índices de madurez (3,64 y 6.52) en tres tipos de ácidos (ácido clorhídrico, ácido fosfórico y ácido cítrico, en tres niveles de pH: 2.0, 2.5, 3.0), la investigación tuvo lugar en el distrito de San Miguel de Soloco, Región Amazonas, Perú. Se evaluó el porcentaje de ácido galacturónico y tiempo de gelificación de la pectina extraída a la cual se analizó el tiempo de gelificación, viscosidad y su consistencia, color y sabor. Los resultados fueron los siguientes [34]:

- Mejor porcentaje de ácido galacturónico a un pH de 2.0 y 2.5 en agua acidulada con ácido fosfórico un 28.5%. respecto al menor tiempo de gelificación (5.63 minutos) se obtuvo a un pH de 2.0 en el agua acidulada con ácido cítrico [34].
- Mejor viscosidad de la mermelada fue en el T7 conformado por agua acidulada con ácido cítrico a pH 2.5, el menor tiempo de gelificación se obtuvo en el tratamiento 3 teniendo agua acidulada con ácido clorhídrico a pH 3.0 de 5,16 minutos [34].
- La mejor consistencia se logró al emplear la pectina extraída del fruto en estado de madurez y pH 2.0 y 2.5 en agua acidulada con ácido cítrico, los atributos color y olor obtuvieron similitud al emplear la pectina comercial [34].

➤ **Optimización de las condiciones de extracción de pectina a partir de cáscara de limón francés (*Citrus medica*) utilizando la metodología de superficie de respuesta.**

Por otro lado, Baltazar, R; et al (2013) en su investigación denominada: Optimización de las condiciones de extracción de pectina a partir de cáscara de limón francés (*Citrus medica*) utilizando la metodología de superficie de respuesta, establecieron como objetivo mejorar la temperatura y el pH en la extracción de pectina a partir de cáscara de limón francés (*Citrus medica*) para extender el rendimiento y grado de esterificación, utilizando la metodología de superficie de respuesta. La extracción se ejecutó mediante hidrólisis ácida con H_2SO_4 en un periodo de 60 minutos, asumiendo como variables independientes el pH (1,0 - 3,0) y la temperatura (70°C - 90°C), y como variables dependientes el rendimiento y el grado de esterificación. Se determinó los valores óptimos ($T^\circ = 70^\circ C - 80^\circ C$, $pH = 1-1,5$) a condiciones óptimas de extracción fue obtenido el peso molecular de la pectina de 30666.912 g/mol [35].

➤ **Efecto del grado de madurez sobre las propiedades fisicoquímicas de pectinas extraídas de cascos de guayaba (*Psidium guajava* L.).**

Paredes, J; Hernández, R; Cañizares, A. (2015) evaluarón el efecto del grado de madurez sobre el contenido de pectinas de cascos de guayaba (*Psidium guajava* L.) utilizando un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos (estados de madurez) y cuatro repeticiones mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos (pH, contenido de ceniza, porcentaje de grado de esterificación, contenido de metoxilos, contenido de ácido galacturónico anhidro, masa equivalente y fuerza de gel) a los cuales se les realizó un ANAVA, las variables que presentaron diferencias significativas se les aplicó una prueba de mínima diferencia significativa (MDS) al 5%. Los resultados demostraron que la pectina extraída presentó un rendimiento de 5,49% para las guayabas verdes, 5,24% para las pintonas, y de 4,77% para las maduras. Las características de la pectina extraída de los cascos de guayabas presentaron diferencias en todos los parámetros analizados, excepto en el contenido de cenizas. Las características fisicoquímicas de las pectinas de guayabas en estado verde, pintón y maduro fueron: pH 4,16, 4,11 y 4,01, contenido de ceniza 1,40%, 1,69% y 1,80%, grado de esterificación 88,58%, 80,53%, y 64,60%,

contenido de metoxilos 2,53%, 1,64% y 0,83%, contenido de ácido galacturónico 16,15%, 11,58% y 7,27%, masa equivalente 9807,16 meq/mg, 7920,07 meq/mg y 6914,76 meq/mg y fuerza de gel 0,414 N, 0,149 N y 0,050 N, respectivamente. Todos los parámetros obtuvieron un descenso progresivo de sus valores debido al proceso fisiológico del fruto [35].

➤ **Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita (*Passiflora edulis f. flavicarpa*).**

Adossio, R; et all (2005) mediante su estudio titulado Obtención y caracterización de la pectina a partir de la cáscara de parchita (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Degener) analizaron la influencia del estado de coloración y del agente de extracción sobre la pectina de la corteza seca de parchita. El contenido de pectina se determinó por el método de hidrólisis ácida, a las condiciones de extracción pH: 3.0, temperatura: 90-95°C y tiempo de calentamiento: 90 minutos. La calidad de la pectina se evaluó mediante análisis de humedad, cenizas, peso equivalente, metoxilo, ácido anhidrouónico, grado de esterificación, tiempo de gelificación, viscosidad relativa, espectros de infrarrojo y los minerales Ca, Mg y Na. El rendimiento máximo de pectina obtenido fue del 18,45% al utilizarse como extractante $H_3PO_4-(NaPO_3)_6$; mientras que la pectina de mejor calidad fue extraída con HCl, con un contenido de ácido anhidrouónico (78%) y de metoxilo (9,9%). Por otro lado, la corteza de la parchita en el estado de madurez amarillo presentó el mayor contenido de pectina, mientras que la extraída en el estado de madurez verde-blanco exhibió las mejores propiedades gelificantes. La espectrometría de IR confirmó que la pectina tiene alto contenido de metoxilo. El estudio de los minerales proyectó: calcio 0,10 a 0,15%, magnesio 0,05 a 0,08% y sodio 0,02 a 0,04%. La pectina de la corteza de parchita no presenta características inusuales que indiquen alguna desventaja potencial comercial [36].

➤ **Extracción y caracterización de pectina de mango de azúcar (*Mangifera indica* L.).**

Una investigación realizada por Barreto, E; Púa, A; De Alba, D; Pión M. (2017), basada en la extracción y caracterización de pectina teniendo como materia prima la cáscara de

mango de azúcar maduro. Como método de extracción de la pectina recurrieron a la hidrólisis ácida (ácido clorhídrico 0,5 N y alcohol etílico al 96% para su precipitación y purificación) mediante un arreglo factorial 32, evaluaron pH y temperatura, con los niveles 1, 2, 3 y 80, 90, 100 °C respectivamente, estableciendo como variable fija un tiempo de 60 minutos. El total de unidades experimentales fue de 27, logrando obtener los mejores resultados a un pH 1 y temperatura 100 °C, reportando un rendimiento de $15,257 \pm 0,04\%$. La pectina obtenida presentó las siguientes características: humedad $4,510 \pm 0,80\%$, cenizas $1,351 \pm 0,07\%$, alcalinidad de las cenizas $1,711 \pm 1,13\%$, acidez libre $0,859 \pm 0,01$ mEq de carboxilo libre/g, peso equivalente $2326,420 \pm 54,11$ mg/mEq, contenido de metoxilo $11,801 \pm 0,03\%$, grado de esterificación $81,688 \pm 0,24\%$, contenido de ácido anhidrogálico $82,380 \pm 0,17\%$, mediante un el análisis de espectrofotometría infrarrojo, mostraron los picos de grupos funcionales, los cuales demostraron que característicos de la pectina obtenida tienen similitud frente a una pectina estándar, por lo tanto el material estudiado se lo consideró como pectina de calidad [37].

CAPITULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

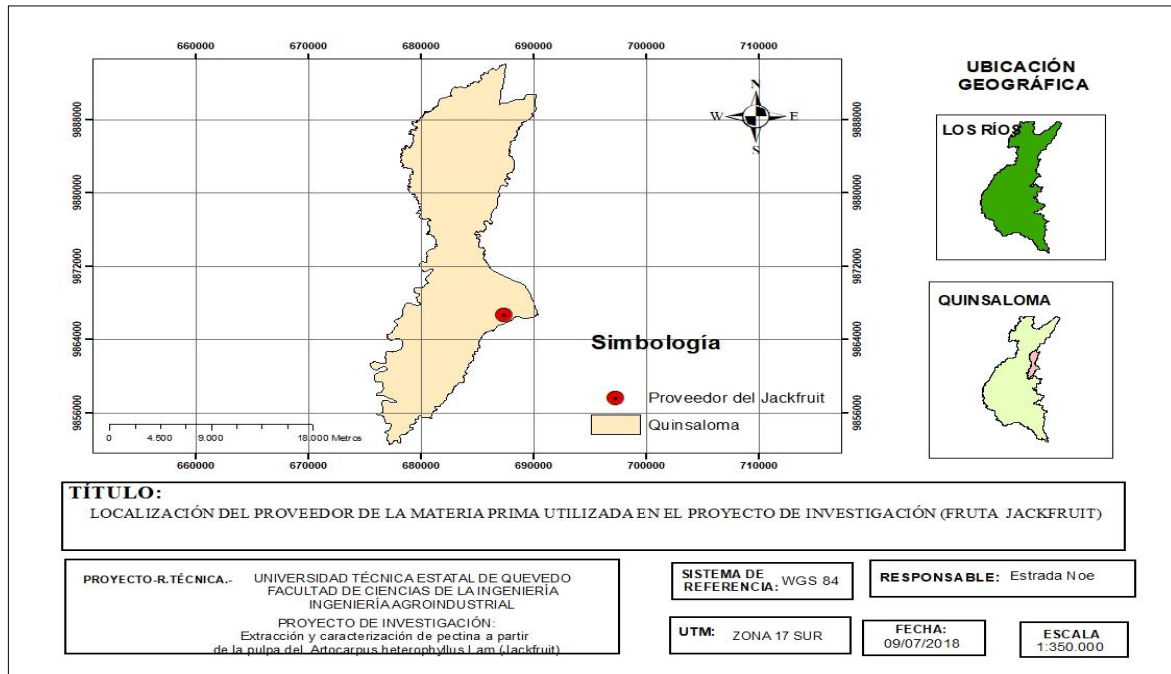
La materia prima (Jackfruit) se obtuvo de dos fincas ubicadas en el cantón Quinsaloma y el cantón Ventanas provincia de Los Ríos (0687382; 9866661), mientras que el proceso de extracción de pectina se llevó a cabo en el Laboratorio básico de la UTEQ (0670336; 9888080); y determinación de las características físicas y químicas; se llevaron a cabo en el laboratorio de Bromatología del Campus La María de la UTEQ (0666589; 9880647). (Gráficos 3, 4 y 5, respectivamente). Las características edafoclimáticas que poseen los cantones Quinsaloma y Quevedo, se describen a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6. Características Edafoclimáticas del Cantón Quevedo y Quinsaloma

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	
	Quevedo	Quinsaloma
Precipitación promedio anual	Entre 3.000 a 4.000 mm	Entre 1750 a 3000 mm
Temperatura promedio	20 a 33 °C, a veces hasta los 38 °C	24°C a 36°C
Altitud	Entre 50 y 150 msnm.	Entre 28 a 40 msnm
Tipo de suelo	Desde franco arenosas hasta arcillosas	Desde franco arenosas hasta arcillosas
Zona de Vida	Bosque Húmedo Tropical [bh-T]	Bosque Húmedo Tropical [bh-T]
Clima	Tropical amazónico (temporada de calor y lluvias fuertes que dura desde diciembre a mayo y la época seca en el período desde junio a diciembre)	Tropical húmedo (época seca entre junio y diciembre, generalmente fresca y época lluviosa entre diciembre y mayo por lo general es calurosa)

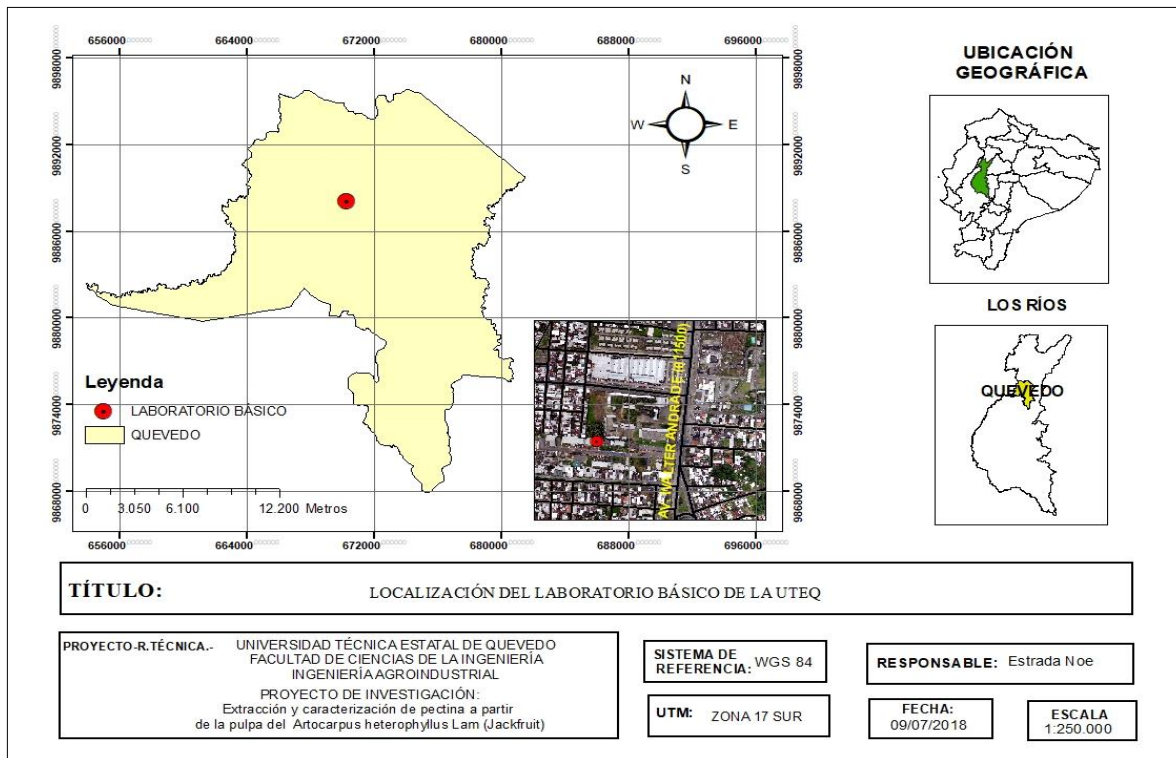
Fuente: POT GAD-QUEVEDO [38]. POT GAD-QUINSALOMA, [39]
Elaborado por: Estrada, O (2018)

Gráfico 3. Mapa de localización del Cantón Quinsaloma, proveedor de la materia prima.



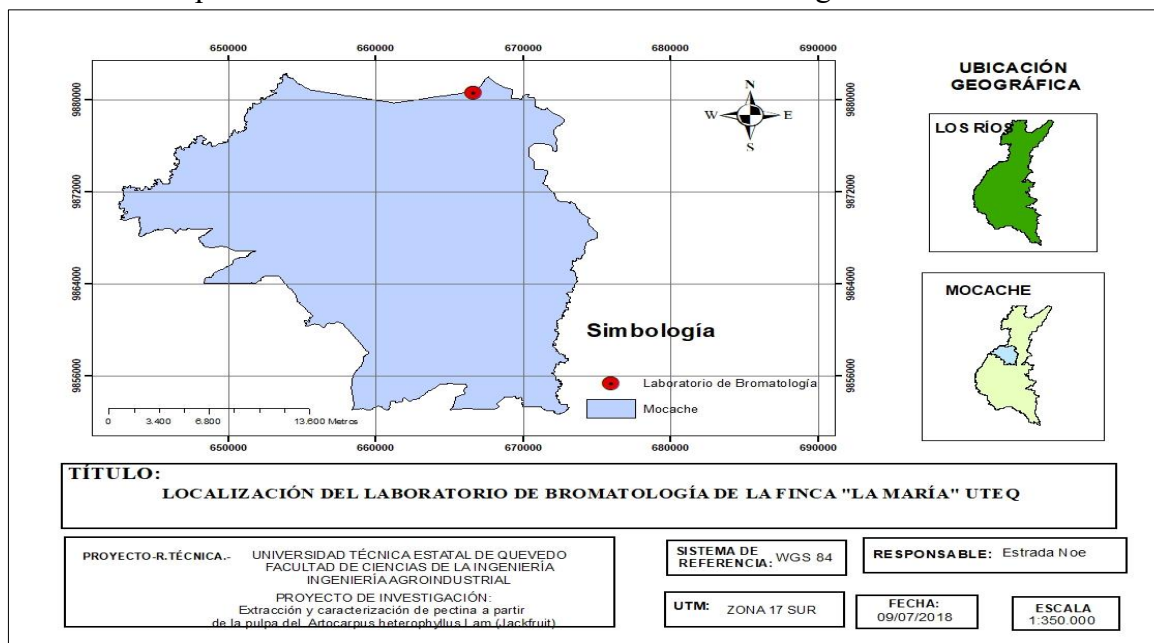
Elaborado por: Estrada, O (2018)

Gráfico 4. Mapa de localización del Laboratorio básico de la UTEQ



Elaborado por: Estrada, O (2018)

Gráfico 5. Mapa de localización del Laboratorio de Bromatología de la Finca “La María”



Elaborado por: Estrada, O (2018)

3.2. Tipo de Investigación.

Es una investigación de tipo descriptiva-exploratoria, ya que establece como materia prima una fruta poco conocida en el país como es el Jackfruit o Jaca, proponiendo la extracción de pectina de ésta tomando como método de extracción la hidrólisis ácida, evaluando y analizando las características físicas y químicas de la pectina obtenida.

3.3. Métodos de la Investigación.

- **Método experimental:** se aplicó en el proceso de obtención de pectina a partir del Jackfruit mediante hidrólisis ácida, y en los análisis de las características física-químicas de la pectina teniendo en cuenta las normativas y técnicas de laboratorio para cada procedimiento.
- **Método descriptivo:** se efectuó mediante la descripción del procedimiento de extracción de pectina y demás procesos para la caracterización física y química de la misma, siendo los resultados suministrados como información para el planteamiento de futuras investigaciones.

- **Método deductivo:** se desarrolló mediante la evaluación de análisis físicos y químicos de la pectina extraída del Jackfruit, determinando cuál tratamiento cumple con los requisitos deseados.

3.4. Fuentes de recopilación de información

- **Fuentes primarias:** Recolección de la fruta (Jackfruit) y análisis de las características físicas y químicas de la pectina extraída.
- **Fuentes Secundarias:** La literatura citada fue recolectada de artículos científicos, normativas, tesis, libros físicos y digitales.

3.5. Diseño de la investigación

3.5.1. Diseño experimental

Se plantea un diseño multifactorial ABC, donde factor A es el estado de madurez de la fruta; B es la temperatura de hidrólisis ácida, y el factor C el tipo de ácido. Estos factores se detallan a continuación en la Tabla 7:

Tabla 7. Factores de estudio de la extracción y caracterización de pectina a partir de la pulpa de Jackfruit.

FACTORES DE ESTUDIO	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA
Estado de madurez	Madurez comercial	a ₀
	Madurez organoléptica	a ₁
Temperatura de hidrólisis ácida	80°C	b ₀
	60°C	b ₁
Tipo de ácido	Ácido clorhídrico	c ₀
	Ácido sulfúrico	c ₁

Elaborado por: Estrada, O (2018)

Interpretación: Los tres factores cuentan con dos niveles, cada uno dando como resultado 8 tratamientos a los cuales se les realizó 3 repeticiones, teniendo un total de 24 unidades experimentales. La tabla 8, describe los tratamientos y sus combinaciones.

Se presenta una variabilidad de combinaciones entre factores de estudio donde muestra 12 descripciones que presenta a continuación la tabla 8

Tabla 8. *Combinación de los tratamientos para análisis de la extracción de pectina a partir del Jackfruit*

Tratamientos	Combinaciones	Descripción
T ₁	a ₀ b ₀ c ₀	M. Comercial /80°C / Á. Clorhídrico
T ₂	a ₀ b ₀ c ₁	M. Comercial /80°C / Á. Sulfúrico
T ₃	a ₀ b ₁ c ₀	M. Comercial /60°C/ Á. Clorhídrico
T ₄	a ₀ b ₁ c ₁	M. Comercial /60°C / Á. Sulfúrico
T ₅	a ₁ b ₀ c ₀	M. Organoléptica/80°C / Á. Clorhídrico
T ₆	a ₁ b ₀ c ₁	M. Organoléptica /80°C / Á. Sulfúrico
T ₇	a ₁ b ₁ c ₀	M. Organoléptica/60°C / Á. Clorhídrico
T ₈	a ₁ b ₁ c ₁	M. Organoléptica /60°C / Á. Sulfúrico

Elaborado por: Estrada, O (2018)

Interpretación: Respecto al análisis estadístico de los datos a obtenerse, se efectuó un análisis de varianza (ADEVA), que es una técnica empleada para examinar la variación total de los datos, descomponiéndolas en porciones significativas e independientes, atribuibles a cada una de las fuentes de variabilidad presentes y la variación causal (aleatoria).

Tabla 9. *Análisis de Varianza esquemática.*

Fuente De Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Razón de Varianza	
Replicaciones	SCR	(r-1)	2	CMR	
Factor A	SCA	(a-1)	1	CMA	CMA/CME
Factor B	SCB	(b-1)	1	CMB	CMB/CME
Factor C	SCC	(c-1)	1	CMC	CMC/CME
Efecto (ABC)	SC(ABC)	(a-1) (b-1) (c-1)	1	CM(ABC)	CM(ABC)/CME
Residuo o Error	SCE	(abc-1) (r-1)	14	CME	
Total	SCT	(abcr-1)	23		

Elaborado por: Estrada, O (2018)

3.6. Instrumento de investigación.

3.6.1. Determinación de las características físicas-químicas de la pectina obtenida a partir de la pulpa del *Artocarpus Heterophyllus Lam* (Jackfruit).

3.6.1.1. Viscosidad aparente.

Se preparó los geles con las siguientes proporciones: solución al 1 % de pectina, 30 % sacarosa y se llevó el pH 3,5. Se homogenizó y se calentó a 100 °C. Se midió 50 mL de la solución gelificada se dejó en reposo a temperatura ambiente durante 24 horas, Se procedió a medir la viscosidad mediante un viscosímetro rotacional BrookField, registrando 3 mediciones de viscosidad, cada 1 minutos, en cada velocidad de deformación utilizada, dando los resultados en unidades de centiponsios (cP) [35].

3.6.1.2. Humedad.

Se utilizó el método en estufa de aire basado en las Normas AOAC 15: 1990 (Anexo 2) para determinar la humedad de la pectina, es decir, mediante pérdida de agua por secado utilizando una estufa de desecación. Se agregaron 5 g de pectina en una cápsula de porcelana seca previamente tarada, se introdujo la cápsula con muestra a la estufa y se dejó durante 3 horas a una temperatura de 105°C. Se repitió el procedimiento de secado por una hora hasta un peso constante. Finalmente, se lo dejó enfriar hasta temperatura ambiente.

El contenido en agua de la muestra se calcula por diferencia de peso y se expresa en % de humedad (g de H₂O/100 g de muestra)

$$\% \text{ Humedad} = \frac{M_a - M_b}{M_a - M} \times 100$$

Ecuación 1: Porcentaje de humedad

Donde:

M= Masa en gramos de la cápsula con tapa

Ma = Masa en gramos de la cápsula con tapa y la muestra

Mb= Masa en gramos de la cápsula con tapa y la muestra seca

3.6.1.3. Cenizas.

Se determinó mediante lo indicado en la norma NTE INEN 0401:2012 (Anexo 3) [40], colocando en una capsula 2 g de pectina, luego se llevó su contenido a la mufla a 550 °C ± 25° durante 15 min, dejando enfriar en un desecado. Los cálculos se realizaron mediante la Ecuación 2.

$$C = 100 \times \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \quad \text{Ecuación 2: Contenido de cenizas (\%)}$$

Donde:

C = contenido de cenizas, en porcentaje de masa.

m₁ = masa de la cápsula vacía, en gramos.

m₂ = masa de la cápsula con la muestra, en gramos.

m₃ = masa de la cápsula con las cenizas, en gramos.

3.6.1.4. Peso equivalente y acidez libre.

Tanto para determinar a acidez libre (AL) y peso equivalente (PE) se utilizó la metodología de Owens *et al.* (1952) [41] (Anexo 4) el cual consistió en realizar una titulación con hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 mol/L, para realizar su cálculo se procedió a relacionar el peso de la muestra en mg y los miliequivalentes de NaOH gastados en la titulación, a continuación se presentan las ecuaciones que se utilizaron en ambos procesos:

$$PE = \frac{mg \text{ componente ácido}}{meq (A)NaOH} \quad \text{Ecuación 3: Peso equivalente}$$

$$AL = \frac{meq (A)NaOH}{g \text{ componente ácido}} \quad \text{Ecuación 4: Acidez libre}$$

Dónde para ambas ecuaciones:

Meq (A) NaOH = meq de NaOH utilizados en la titulación

Componente ácido = mg de pectina

3.6.1.5. Grado de Esterificación.

Para la determinación del grado de esterificación se utilizó el Método de valoración de Schultz y Schweiger (1965) [42], se midió 10 ml de disolución de pectina al 1% con NaOH a 0,1 N, como indicador se usó fenolftaleína (valoración A), luego se añadió 20 ml de NaOH 0,5 N en un tiempo determinado con la finalidad de deesterificar la pectina. Posteriormente, se añadió 20 ml de HCl a 0,5 N para neutralizar el NaOH. Finalmente, la disolución se valora con NaOH 0,1 Normal (valoración B). Una vez realizado el procedimiento, se procedió al cálculo del grado de esterificación mediante la siguiente fórmula:

$$DE = \frac{B}{A + B} \times 100$$

Ecuación 5: % de Grado de esterificación

3.6.1.6. Contenido Metoxilo.

El contenido metoxilo fue llevado a cabo en el Laboratorio de Bromatología de la UTEQ, mediante el método de Owen [41] (Anexo 5), el cual consiste en la desesterificación del metoxilo con hidróxido de sodio 0,25 N; neutralizando la soda con ácido clorhídrico 0,25 N y titulando con hidróxido de sodio 0,1 N hasta pH 7,5. El porcentaje de metoxilo se calculó por medio de la fórmula [42]:

$$\% \text{ MeO} = \frac{\text{meq.de NaOH} \times 31}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

Ecuación 6: % de Contenido Metoxilo

Donde

31= Peso molecular del metoxilo (CH₃O-)

3.6.1.7. Porcentaje de Ácido anhídrido galacturónico.

Mediante el método de Owen et al. (1952) [41] se calculó el ácido anhídrido galacturónico (AAG) en términos de porcentaje, para su determinación se requiere los valores de la acidez libre y unidades metiladas tal como se representa en la ecuación:

$$\% \text{ AAG} = \frac{176 * 100 - (\text{meq } A + \text{meq } B)}{\text{mg componente ácido}}$$

Ecuación 7: % de AAG

Donde:

176 = Peso molecular del ácido anhídrido galacturónico expresado en mg/meq

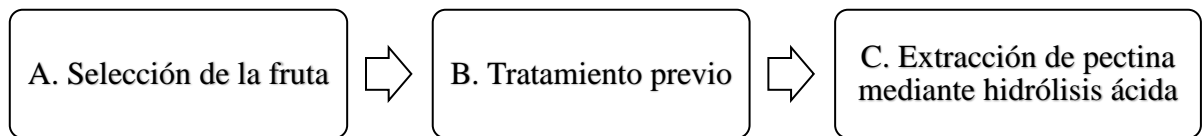
meq A = miliequivalentes utilizados en la primera titulación con NaOH 0,1 mol/L

meq B = miliequivalentes utilizados de NaOH 0,1 mol/L en la segunda titulación, para determinar el contenido de metoxilo

Componente ácido = peso de la muestra (mg)

3.6.2. Determinación del rendimiento de pectina extraída de la pulpa del *Artocarpus Heterophyllus Lam* (Jackfruit).

El proceso de obtención de pectina mediante hidrólisis ácida se describe a continuación:



- A. Selección y preparación de la fruta: Previo a la extracción de pectina a partir del Jackfruit, se realizó una evaluación de la fruta en estudio con la finalidad de seleccionar un fruto de buena calidad, libre de partículas extrañas que puedan influir en las características de la pectina a extraer. Peso de la fruta.
- B. Tratamiento previo: Luego de haber obtenido la pulpa de la fruta y determinar los grados Brix, se colocó la muestra en un recipiente de vidrio y se vertió agua destilada (85°C y 95°C por 15 min.). Mediante una tela de lienzo se filtró el sólido del agua destilada. El sólido se lavó tres veces con agua destilada para eliminar los azúcares y flavonoides. Posteriormente, los sólidos de la pulpa se dejaron en reposo por 24 horas en alcohol etílico (98°). Finalmente, los sólidos de los frutos seleccionados se secaron a 60°C hasta alcanzar peso constante; se pesaron, pulverizaron y se envasaron herméticamente.
- C. Extracción de pectina mediante hidrólisis ácida: se pesaron 50 gramos de muestra, se le agregó HCl (pH 2.5) como solución extractiva, en un sistema bajo reflujo con agitación constante, hasta alcanzar una temperatura de 90°C durante 75 minutos. Se filtró en una

tela de linillo, se exprimió manualmente y de inmediato se enfrió para minimizar la degradación por el calor. A la solución péctida se le agregó etanol al 98% para precipitar la pectina, dejándola en reposo por una hora. La pectina flotante fue filtrada, lavada con etanol de 95° y secada a 40°C hasta obtener peso constante.

Luego de obtener pectina, se procedió a calcular su porcentaje de rendimiento mediante la siguiente fórmula:

$$R (\%) = \frac{w2 \text{ (peso seco de la fruta coratda)}}{w1 \text{ (peso de la pectina molida obtenida)}} \times 100 \quad \text{Ecuación 8: Porcentaje de rendimiento}$$

Donde:

R= Rendimiento de la pectina en términos de porcentaje

W1= Peso obtenido de la pectina obtenida en g

W2= Peso seco de la fruta cortada en g

3.7. Tratamiento de datos.

- Recopilación bibliográfica mediante revistas científicas, libros (físicos y en línea), sitios web.
- Programa de Excel para la determinación de las ecuaciones.
- Programa STATGRAPHICS para el análisis multivariante de los parámetros físicos y químicos de la pectina obtenida.
- ArcGis 10.5 para la elaboración de los mapas de ubicación.
- Los datos obtenidos se someterán a un análisis de varianza (ADEVA) con un nivel de significancia del 95% ($P < 0,05$).

3.8. Recursos humanos y materiales.

Tabla 10. Listado de materiales utilizados en el proyecto de investigación para la extracción y caracterización de la pectina

De oficina	De campo	De laboratorio		
		Equipos	Reactivos	Otros
Computadora	GPS	Estufa	Ácido clorhídrico	Franela
Cuaderno de apuntes.		Termómetro 0-180 °C	Ácido sulfúrico	Bandeja de aluminio
Esferos		Termómetro 0°-180°C	Hidróxido de sodio	Ollas de aluminio
Pendrive		Equipo de titulación	Fenolftaleína	Agua destilada
Hojas A4		Refractómetro 0-35°Brix	Agua destilada	Cuchillos
Impresora		Mufla	Alcohol industrial	Papel aluminio
		Desecador	96°	Cinta
	Potenciómetro		Franela	
	Agitador magnético		Cuchillos	
			Papel aluminio	
			Guantes	
			Mascarilla	
			Cofia	
			Tamiz	
			Embudo	
			Fundas de sello hermético	
			Vaso de precipitación capacidad 1000 mL	
			Matraz Erlenmeyer 250 mL	
			Agitador manual	

Elaborado por: Estrada, O (2018)

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados.

4.1.1. Descripción del proceso de obtención de la pectina mediante hidrólisis ácida.

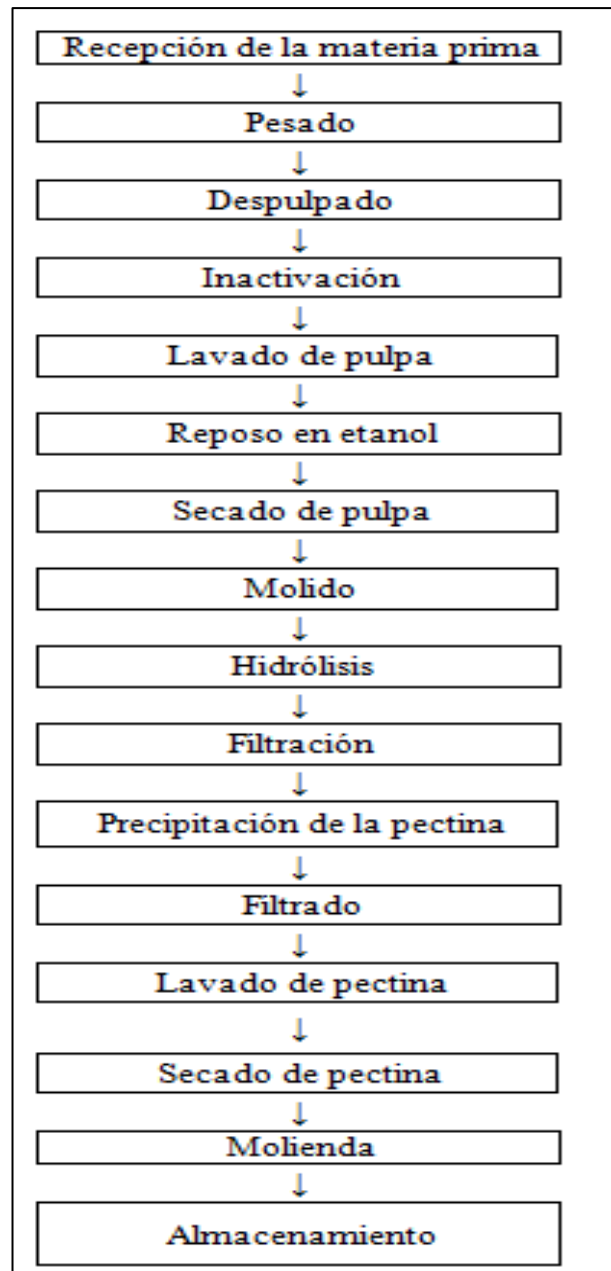
- **Recepción de la materia prima:** Se recolectó la fruta de forma manual en sus dos estados de madurez comercial y organoléptica
- **Pesado:** Se pesó la fruta para la determinación de su contenido neto inicial 2854,54 g
- **Despulpado:** Se extrajo las cáscaras de su corteza, posterior se retiró las semillas de la pulpa, y se pesó para proceder inactivar la pulpa de Jackfruit.
- **Inactivación:** Se agregó 1604,22 g pulpa de Jackfruit en un recipiente de vidrio con 1604,22 mL de agua destilada, se procedió a calentar en una cocina eléctrica con temperatura controlada de 80°C a 90°C x 15 minutos, la misma que ablanda los azúcares, carotenoides y flavonoides y eliminación de microorganismos presentes en la pulpa.
- **Lavado de pulpa:** Se lavó 1513,31 g Pulpa inactivada con 3329,28 mL agua destilada hasta eliminar la coloración amarillenta del agua residual
- **Reposo en etanol:** Se agregó 1518,63 g de pulpa lavada en envases de vidrio con 759,32 mL etanol 96° grados alcohólicos durante 24 horas de reposo
- **Secado:** una vez separada la pulpa del etanol, se colocó 429,98 g pulpa húmeda en una estufa graduando a una temperatura de 60°C durante 72 horas.
- **Molido:** Mediante un molino manual se obtuvo 50,71 g pulpa seca de características polvo fino de la pulpa seca de Jackfruit.
- **Hidrólisis: de acuerdo al diseño experimental:** Se agregó 50 g de muestra con 600 ml de solución ácida de ácido sulfúrico o solución de ácido clorhídrico a 2,5 pH, con temperaturas de 60° C y 80°C durante 75 min

- **Filtración:** se separó por medio de tela de lienzo en vasos de precipitación el líquido resultante y en bandejas de aluminio el bagazo.
- **Precipitación de pectina:** A la solución resultante se agregó el 60% de etanol a 96°, se dejó en reposo durante 24 horas a la solución resultante para obtener la precipitación de la pectina
- **Filtrado:** Se separó por medio de tela de lienzo y papel filtro, la pectina se colocó en cajas petri y la solución resultante se envasó en pomas plásticas de galón.
- **Lavado de pectina:** Se pasó por un lavado rápido con 20 ml de etanol a 70 ° alcohólicos
- **Secado de pectina:** Las cajas petri con pectinas se colocó en una estufa graduada a 60 °C durante 24 horas, hasta obtener peso constante
- **Molienda:** Se efectuó mediante la utilización de un mortero
- **Almacenamiento:** Se realiza de inmediato en doble fundas de sellos herméticas colocando en un lugar fresco, seco y seguro, con el fin de no alterar las características fisicoquímicas de la pectina

4.1.1.1. Flujograma para la obtención de la pectina del Jackfruit

A continuación se presenta el flujograma de referencia con el que se llevó a cabo el proceso de extracción de pectina.

Gráfico 6. Flujograma para la obtención de la pectina del Jackfruit



Elaboración: Estrada, O.(2018)

4.1.2. Evaluación de la temperatura de hidrólisis ácida, tipo de ácidos y estado de madurez de la pulpa del *Artocarpus Heterophyllus Lam* (Jackfruit) para la obtención de pectina, mediante la caracterización físico- química.

Tabla 11. Análisis de Varianza para Viscosidad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
FACTORES					
A:Estado de madurez	358,517	1	358,517	400,75	0,0000*
B:Temperatura	1282,76	1	1282,76	1433,88	0,0000*
C:Tipos de Ácidos	19,8744	1	19,8744	22,22	0,0000*
D:repetición	0,364033	2	0,1820	0,20	0,8183
INTERACCIONES					
AB	363,17	1	363,17	405,96	0,0000*
AC	467,284	1	467,28	522,33	0,0000*
BC	1025,47	1	1025,47	1146,28	0,0000*
ABC	16,5004	1	16,5004	18,44	0,0007*
RESIDUOS	12,5245	14	0,894607		
TOTAL (CORREGIDO)	3546,47	23			

Fuente: STATGRAPHICS

Elaborado por: Estrada, O. (2018)

Interpretación: En la tabla 11, se observa los resultados del análisis de varianza de la variable de viscosidad de la pectina extraída del Jackfruit la cual refleja que existe diferencia significativa en los tres Factores de estudio Factor A (Estado de madurez); factor B (Temperaturas) y factor C (tipo de ácidos) y además se evidencia diferencia significativa en las interacciones: AB, AC, BC y ABC

4.1.2.1 Humedad.

Tabla 12. Análisis de Varianza para humedad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
FACTORES					
A:Estado de madurez	0,0360375	1	0,0360375	0,08	0,7754
B:Temperatura	0,0477042	1	0,0477042	0,11	0,7429
C:Tipos de Ácidos	6,2526	1	6,2526	14,68	0,0018*
D:repetición	1,76178	2	0,880888	2,07	0,1634
INTERACCIONES					
AB	3,48844	1	3,48844	8,19	0,0126*
AC	7,9926	1	7,9926	18,76	0,0007*
BC	25,1535	1	25,1535	59,04	0,0000*
ABC	4,1917	1	4,1917	9,84	0,0073*
RESIDUOS	5,96416	14	0,426011		
TOTAL (CORREGIDO)	54,8886	23			

Fuente: STATGRAPHICS

Elaborado por: Estrada, O. (2018)

Interpretación: Analizando los resultados de la tabla 12, que representa al análisis de varianza del porcentaje de humedad se deduce que de los tres factores evaluados el factor A y B no presenta diferencia significativa entre sus medias, mientras que en el Factor C (tipos de ácidos) si existe diferencia significativa entre sus medias; de igual manera entre las interacciones AB, AC, BC y ABC.

4.1.2.2 Cenizas.

Tabla 13. Análisis de Varianza para Cenizas

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
FACTORES					
A:Estado de madurez	0,260417	1	0,260417	4,23	0,0587
B:Temperatura	1,6224	1	1,6224	26,38	0,0002*
C:Tipos de Ácidos	48,0534	1	48,0534	781,32	0,0000*
D:repetición	0,239425	2	0,119713	1,95	0,1795
INTERACCIONES					
AB	31,0083	1	31,0083	504,18	0,0000*
AC	12,8481	1	12,8481	208,90	0,0000*
BC	8,52042	1	8,52042	138,54	0,0000*
ABC	3,92042	1	3,92042	63,74	0,0000*
RESIDUOS	0,861042	14	0,061503		
TOTAL (CORREGIDO)	107,334	23			

Fuente: STATGRAPHICS

Elaborado por: Estrada, O. (2018)

Interpretación: De acuerdo a los análisis de varianza del porcentaje de Cenizas que se presenta en la tabla 13, se identificó que el factor A (estado de madurez) no se visualiza diferencia significativa, mientras que en los Factores: B (Temperatura), C (Tipos de ácidos) e interacciones AB, AC, BC y ABC si presentaron diferencia significativa.

4.1.2.3 Peso equivalente.

Tabla 14. *Análisis de Varianza para Peso equivalente*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
FACTORES					
A:Estado de madurez	5,24535	1	5,24535	2,10	0,1692
B:Temperatura	245,248	1	245,248	98,24	0,0000*
C:Tipos de Ácidos	1670,34	1	1670,34	669,09	0,0000*
D:repetición	14,8418	2	7,42088	2,97	0,0840
INTERACCIONES					
AB	300,9	1	300,9	120,53	0,0000*
AC	493,227	1	493,227	197,57	0,0000*
BC	490,149	1	490,149	196,34	0,0000*
ABC	124,762	1	124,762	49,98	0,0000*
RESIDUOS	34,9501	14	2,49644		
TOTAL (CORREGIDO)	3379,66	23			

Fuente: STATGRAPHICS

Elaborado por: Estrada, O. (2018)

Interpretación: Según los resultados del análisis de varianza del peso equivalente representado en la Tabla 14, detalla que existe diferencia significativa en el factor B (temperatura) y factor C (tipos de ácidos) de igual manera presenta diferencia significativa en las interacciones AB, AC, BC y ABC , mientras que en el factor A (estado de madurez) no presento diferencia significativa

4.1.2.4 Acidez libre.

Tabla 15. *Análisis de Varianza para acidez libre*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
FACTORES					
A:Estado de madurez	0,00375	1	0,00375	65,63	0,0000*
B:Temperatura	0,0024	1	0,0024	42,00	0,0000*
C:Tipos de Ácidos	0,06615	1	0,06615	1157,63	0,0000*
D:Repetición	0,0004	2	0,0002	3,50	0,0585
INTERACCIONES					
AB	0,0054	1	0,0054	94,50	0,0000*
AC	0,01815	1	0,01815	317,63	0,0000*
BC	0,0096	1	0,0096	168,00	0,0000*
ABC	0,0006	1	0,0006	10,50	0,0059*
RESIDUOS	0,0008	14	0,0000571		
TOTAL (CORREGIDO)	0,10725	23			

Fuente: STATGRAPHICS

Elaborado por: Estrada, O. (2018)

Interpretación: Según lo expuesto en la tabla 15, de análisis de varianza de la acidez libre se identifica diferencia significativa en: el factor A (estado de madurez); factor B (temperatura) y factor C (tipos de ácidos) y con respecto a las interacciones, también se evidenciaron diferencia significativa en las combinaciones: AB, AC, BC y ABC.

4.1.2.5 Grado de esterificación.

Tabla 16. *Análisis de Varianza para grado de esterificación*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
FACTORES					
A:Estado de madurez	0,781204	1	0,781204	8,53	0,0112*
B:Temperatura	0,171704	1	0,171704	1,87	0,1926
C:Tipos de Ácidos	0,0018375	1	0,0018375	0,02	0,8894
D:repetición	0,3481	2	0,17405	1,90	0,1863
INTERACCIONES					
AB	0,139538	1	0,139538	1,52	0,2375
AC	0,116204	1	0,116204	1,27	0,2790
BC	0,0852042	1	0,0852042	0,93	0,3513
ABC	0,0000375	1	0,0000375	0,00	0,9841
RESIDUOS	1,28283	14	0,091631		
TOTAL (CORREGIDO)	2,92666	23			

Fuente: STATGRAPHICS

Elaborado por: Estrada, O. (2018)

Interpretación: Según lo indicado en la tabla 16, la cual corresponde al grado de esterificación, se visualiza que solo existió diferencias significativas en el Factor A correspondiente al estado de madurez mientras que en los demás factores B Y C (Temperatura de hidrólisis y tipos de ácidos) no presentaron diferencia significativa al igual que en todas las interacciones.

4.1.2.6 Contenido metoxilo.

Tabla 17. Análisis de Varianza para Contenido metoxilo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
FACTORES					
A:Estado de madurez	0,700417	1	0,700417	1,12	0,3085
B:Temperatura	2,76082	1	2,76082	4,40	0,0545
C:Tipos de Ácidos	0,88935	1	0,88935	1,42	0,2536
D:Repetición	0,000025	2	0,0000125	0,00	1,0000
INTERACCIONES					
AB	3,58827	1	3,58827	5,72	0,0314*
AC	1,7496	1	1,7496	2,79	0,1171
BC	4,00167	1	4,00167	6,38	0,0242*
ABC	0,170017	1	0,170017	0,27	0,6108
RESIDUOS	8,78164	14	0,62726		
TOTAL (CORREGIDO)	22,6418	23			

Fuente: STATGRAPHICS

Elaborado por: Estrada, O. (2018)

Interpretación: Con respecto a la Tabla 17, que detalla el valor- P del contenido metoxilo donde solo se identifica diferencia significativa en las interacción AB (estado de madurez + temperatura) y en la interacción BC (temperatura + tipos de ácidos). Mientras que en los factores y demás interacciones no presentan diferencias significativas.

4.1.2.7 Contenido de ácido anhidrogalacturónico (AAG).

Tabla 18. Análisis de Varianza para AAG

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
FACTORES					
A:Estado de madurez	0,000704167	1	0,000704167	1,22	0,2873
B:Temperatura	0,00000416667	1	0,00000416667	0,01	0,9334
C:Tipos de Ácidos	0,0045375	1	0,0045375	7,88	0,0140*
D:repetición	0,000408333	2	0,000204167	0,35	0,7075
INTERACCIONES					
AB	0,00150417	1	0,00150417	2,61	0,1283
AC	0,0045375	1	0,0045375	7,88	0,0140*
BC	0,00920417	1	0,00920417	15,99	0,0013*
ABC	0,0045375	1	0,0045375	7,88	0,0140*
RESIDUOS	0,00805833	14	0,000575595		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0334958	23			

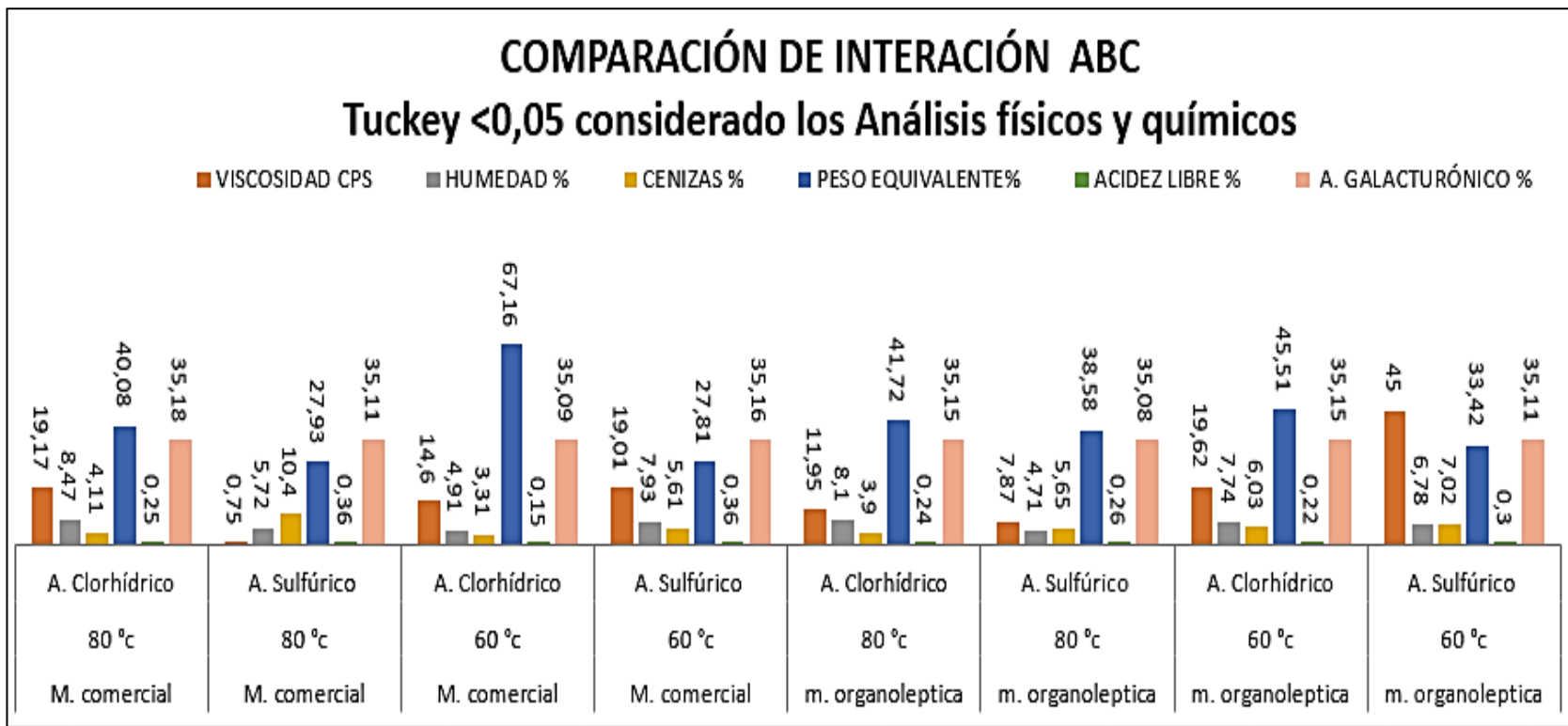
Fuente: STATGRAPHICS

Elaborado por: Estrada, O. (2018)

Interpretación: La tabla 18. expresa el contenido de AAG, en la cual se demostraron diferencias estadísticas significativas en el Factor C (Tipo de ácido) y en los demás factores se demostró lo contrario con respecto a las interacciones, también se evidenciaron diferencias estadísticas en las interacciones AC, BC y ABC.

4.1.2.8. Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) de los análisis físicos, químicos y rendimiento con respecto a los tratamientos ABC (estado de madurez + temperatura de hidrólisis + tipos de ácidos).

Gráfico 7. Diferencia de medias de la interacción ABC de la extracción de pectina del Jackfruit. Tuckey($p < 0,05$)



Elaboración: Estrada, O (2018)

Interpretación:

El gráfico 7, representa los resultados obtenidos de la prueba de Significación de Tukey ($p < 0,05$) de las interacciones ABC (estado de madurez + temperatura de hidrólisis + tipos de ácidos) que presentaron en los ANOVAS diferencias significativas en las siguientes variables

- La viscosidad, presentó diferencia significativa teniendo como valor más bajo (0,75 CP) en el tratamiento $a_0b_1c_0$ (M. comercial + 60°C + A. clorhídrico), mientras que el valor más alto (19,62 CP) se reportó en el tratamiento $a_1b_1c_1$ (M. organoléptica + 60°C + A. Sulfúrico).
- De acuerdo con las medias del porcentaje de humedad el tratamiento con menor valor (4,71%) fue $a_1b_0c_1$ (M. organoléptica + 80°C + A. Sulfúrico) mientras que el valor más alto (8,47%) se presentó en el tratamiento $a_0b_0c_0$ (M. comercial + 80°C + A. clorhídrico).
- Analizando el porcentaje de cenizas se observó que el tratamiento que presentó mayor cantidad (7,02 %) fue $a_1b_1c_1$ (M. organoléptica + 60°C + A. Sulfúrico) y el de menor cantidad (3,31%) $a_0b_1c_0$ (M. comercial + 60°C + A. clorhídrico).
- El peso equivalente presentó el valor más bajo (27,81mg/meq) en la interacción $a_0b_1c_1$ (M. comercial + 60°C + A. Sulfúrico) mientras que el valor más alto (67,16 mg/meq) se reportó en el tratamiento $a_0b_1c_0$ (M. comercial + 60°C + A. clorhídrico).
- Respecto al contenido de acidez libre se logró identificar que el valor más bajo es (0,15meq/g) perteneció al tratamiento $a_0b_1c_1$ (M. comercial + 60°C + A. clorhídrico) y el más alto (0,36% meq/g) se reportaron en dos tratamientos: $a_0b_0c_1$ (M. comercial + 80°C + A. sulfúrico) y $a_0b_1c_1$ (M. comercial + 60°C + A. Sulfúrico) ;
- Según las medias obtenidas del porcentaje de AAG, el valor más alto se presentó (35,18%) en el tratamiento $a_0b_0c_0$ (M. comercial + 80°C + A. clorhídrico) y un bajo valor de (35,08%) en el tratamiento $a_1b_0c_1$ (M. organoléptico + 80°C + A. Sulfúrico).

4.1.3. Determinar el rendimiento de extracción de pectina de la pulpa del *Artocarpus Heterophyllus Lam* (Jackfruit).

4.1.3.1. Análisis de Varianza para el porcentaje de Rendimiento

Tabla 19. Análisis de Varianza para el porcentaje de Rendimiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Estado de madurez	3,293	1	3,293	1,40	0,2572
B:Temperatura	5,0325	1	5,0325	2,13	0,1663
C:Tipos de Acidos	75,4376	1	75,4376	31,96	0,0001*
D:repetición	0,0331	2	0,01655	0,01	0,9930
INTERACCIONES					
AB	38,3801	1	38,3801	16,26	0,0012*
AC	40,2227	1	40,2227	17,04	0,0010*
BC	30,804	1	30,804	13,05	0,0028*
ABC	2,1901	1	2,1901	0,93	0,0351*
RESIDUOS	33,042	14	2,36015		
TOTAL (CORREGIDO)	228,435	23			

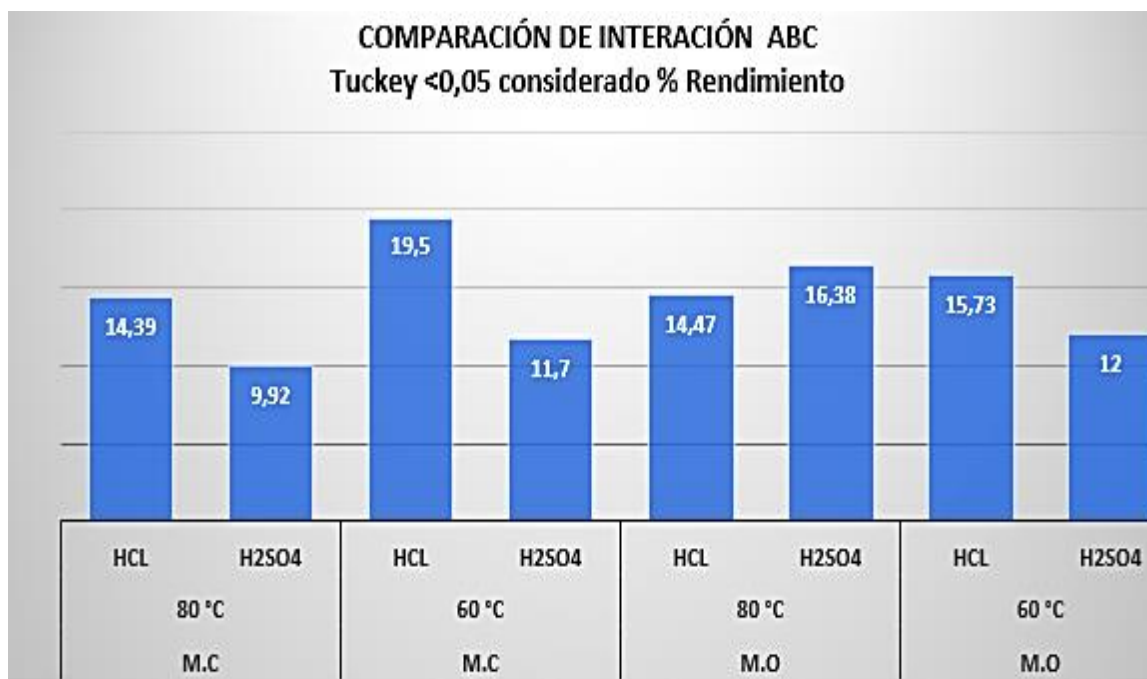
Fuente: STARTGRAPHICS

Elaborado por: Estrada, O. (2018)

Interpretación: Según la tabla 19 del Análisis de Varianza para el porcentaje de Rendimiento de la pectina con relación a la harina del Jackfruit presento diferencia significativa en el factor C (tipos de disolvente), mientras que en los factores B y C no reflejaron diferencia significativa; con respecto a las interacciones AB, AC, BC y ABC si muestran diferencia significativa entre sus medias.

4.1.3.2. Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) de rendimiento con respecto a los tratamientos ABC (estado de madurez + temperatura de hidrólisis + tipos de ácidos).

Gráfica 8. Diferencias de medias en la interacción ABC con respecto al porcentaje de rendimiento



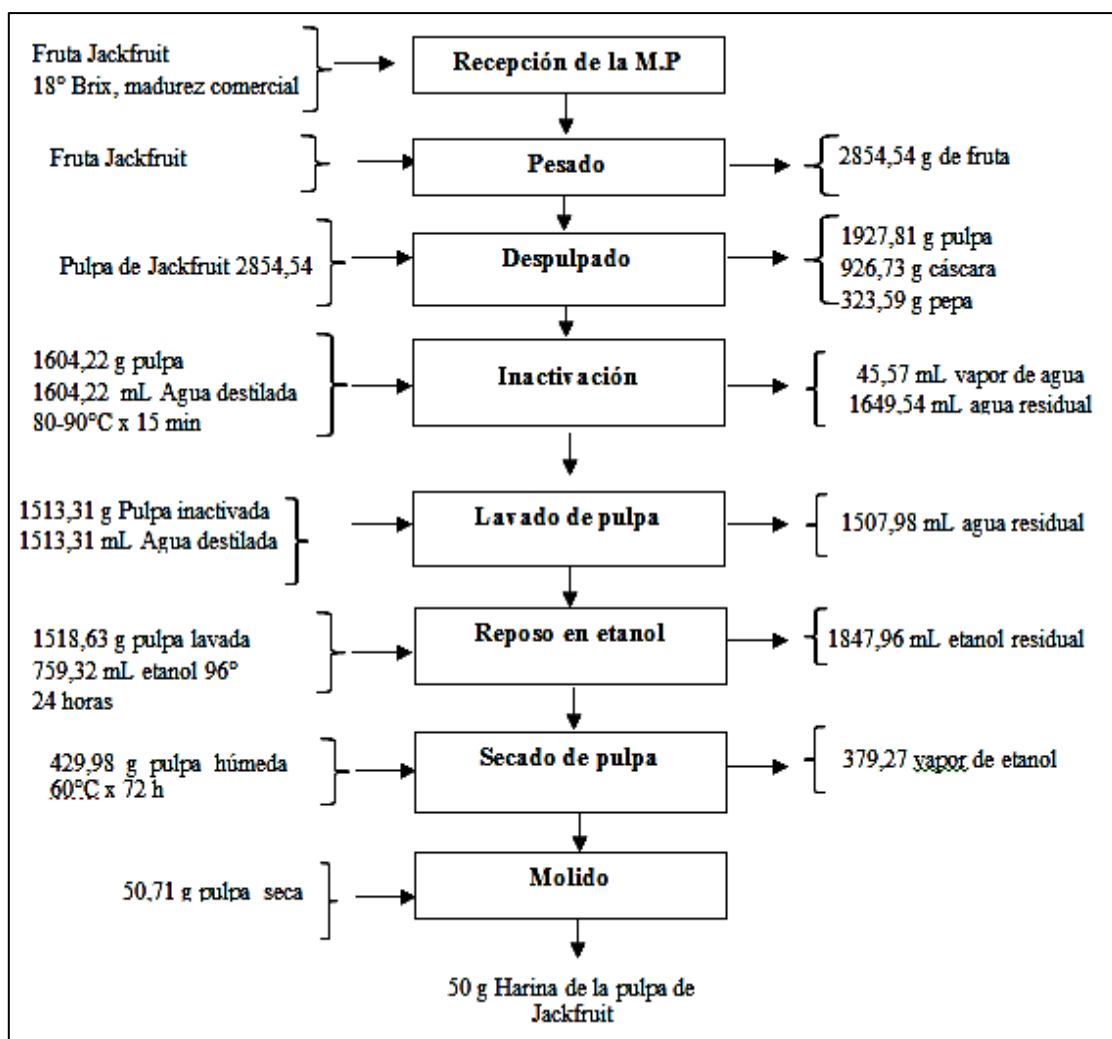
Fuente: STARTGRAPHICS

Elaborado por: Estrada, O. (2018)

Interpretación: En la gráfica 8, muestra las medias de la prueba de tuckey $p < 0,05$ sobre la evaluación del rendimiento, el tratamiento que presentó el valor más alto de (19,5%) fue $a_0b_1c_0$ (M. comercial + 60°C + A. clorhídrico) y un valor medio (15,73 %) en la interacción $a_1b_1c_0$ (M.Organoleptica + 60 °C + A. clorhídrico) y el valor más bajo (9,92%) en el tratamiento $a_0b_0c_1$ (M. comercial + 80°C + A. Sulfúrico).

4.1.3.3. Balance de materiales para la obtención de harina de la pulpa del Jackfruit.

Gráfico 9. Balance de materiales para la obtención de harina de la pulpa del Jackfruit.



Elaborado por: Estrada, O. (2018)

4.1.3.4. Rendimiento con respecto a la fruta del Jackfruit a harina

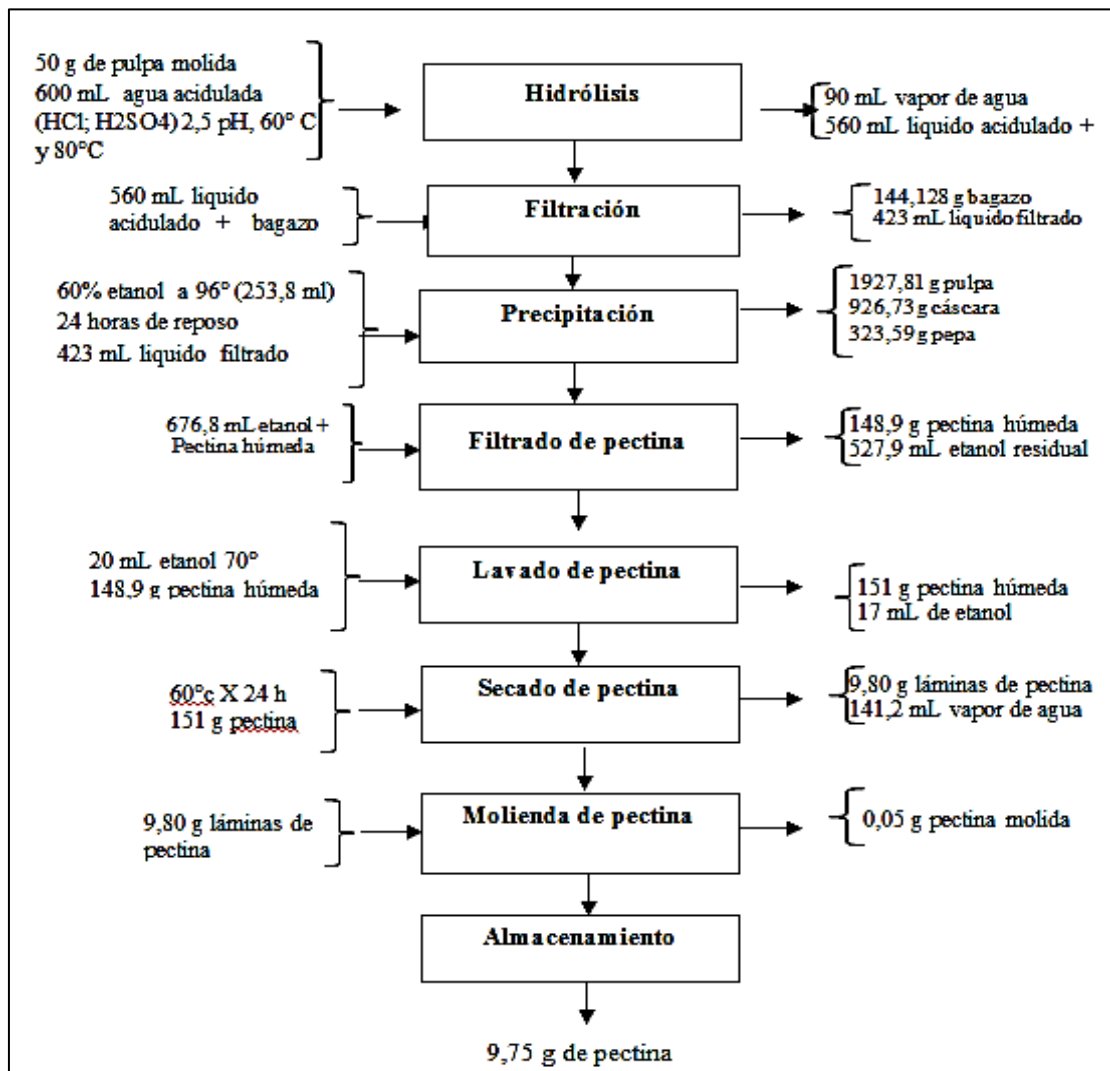
$$\text{Rendimiento}\% = \frac{\text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100\%$$

$$\text{Rendimiento}\% = \frac{50,71 \text{ g}}{2854,54 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Rendimiento}\% = 1,78\%$$

4.1.3.5. Balance de materia para la obtención de la pectina a partir de la harina de la pulpa del Jackfruit.

Gráfico 10. Balance de materiales para la obtención de harina de la pulpa del Jackfruit.



Elaborado por: Estrada, O. (2018)

4.1.3.6. Rendimiento de con respecto de la harina a pectina

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

$$\text{Rendimiento}\% = \frac{9,75 \text{ g}}{50 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Rendimiento}\% = 19,5\%$$

4.1 Discusión.

4.1.1. Con relación a la metodología utilizada en la extracción de la pectina mediante hidrólisis ácida.

Como metodología utilizada en el proceso de extracción de pectina a partir de la pulpa Jackfruit, inicialmente se recolectó la fruta en sus dos estados de madurez (comercial y organoléptica) y posteriormente se la pesó, luego se procedió a realizar el despulpado e inactivación, en la cual se colocó la pulpa en un recipiente de vidrio con 3529,28 ml de agua destilada y se procedió a calentar a temperatura controlada de 80°C a 90°C por 15 minutos. La pulpa inactivada se lavó con 3329,28 ml agua destilada para luego colocarla en envases de vidrio con 3341 mL etanol 96° alcohólicos durante 24 horas de reposo, luego se la secó mediante una estufa a 60°C durante 72 horas para posterior molienda manual. Respecto a la Hidrólisis, Se agregó 50 g de muestra con 600 ml de solución acida de ácido sulfúrico o solución de ácido clorhídrico a 2.5 pH, a 60° C y 80°C por 75 min; se filtró en vasos de precipitación y después se precipitó la agregando 60% de etanol a 96° y se dejó en reposo durante 24 horas, luego de este tiempo se filtró nuevamente y se la colocó en cajas Petri, se pasó por un lavado con 20 ml de etanol a 70 ° para luego llevarla a la estufa a 60 °C durante 24 horas, una vez secada se efectuó la molienda y se almacenó. Pérez, P; et al. 2001 [29] diseñó un proceso industrial para la obtención de pectina a partir de desechos de mango (cascara) a diferencia de la metodología empleada en este proyecto de investigación, seleccionar la materia prima con alto grado de maduración y la inactivación fue durante 20 min a 80°C; en la hidrólisis ácida la realizaron en ácido clorhídrico a pH 3. 2 durante 75 min. a 80 +- 5 ° C, en la precipitación utilizaron una temperatura inferior a 25 °C pero con el mismo porcentaje de alcohol etílico (96°C) pero adicionado en relación 3:1 V/V respecto al concentrado durante 3 horas. En el secado de pectina fue a una temperatura inferior a 60 °C durante 4 horas y después de ser pasada la dejaron en un desecador por 20 minutos para posteriormente pulverizarla y almacenarla.

4.1.2. Con relación al procedimiento y rendimiento de la interacción ABC (estado de madurez + temperatura de hidrolización + tipos de ácidos),

Rendimiento.

En la evaluación del rendimiento de la extracción de pectina de la pulpa de Jackfruit en base a la combinación de los factores ABC (estado de madurez + temperatura de hidrolización + tipos de ácidos) con pH 2,5, y tiempo de hidrolización de 75 minutos, que se usó en su proceso, se evidenció que el tratamiento con mayor porcentaje de esta variable es a₀b₁c₀ (M. comercial + 60°C + A. clorhídrico) con 19,5% de rendimiento, siendo superior a los resultados presentados por Chávez, J (2013) [30], quien llevó a cabo la extracción de pectina utilizando en su proceso como materia prima la cáscara de naranja criolla (*Citrus aurantium* L.), así como en la presente investigación, el autor utilizó el método de hidrólisis ácida con HCl a temperaturas de 60°C y 90°C, los resultados de la investigación demostraron que al emplear un pH de 2,0 y una temperatura de 90°C, se obtendría un 15,6% de rendimiento de pectina.

4.1.3. Con relación características físico químicas de la pectina obtenida de la pulpa del *Artocarpus Heterophyllus Lam* (Jackfruit)

Viscosidad

La viscosidad en base a tres factores (estado de madurez, tipo de ácido y temperatura de hidrólisis), determinó valores más bajos (0,75 cP) en el tratamiento a₀b₀c₁ (M. comercial + 80°C + A. Sulfúrico), mientras que el valor más alto se reportó en el tratamiento a₀ b₁ c₀ (M. comercial + 60°C + A. clorhídrico), comparada con las características físicas, de Chaires, L; Ramos, E; Salazar, J. (2009) [31] en su estudio de la caracterización fisicoquímica de pectinas extraídas de la cascara de la tuna en San Pedro Zacatenco (México), en el cual evaluaron cuatro variables fisicoquímicas con las que dentro de ellas la viscosidad cuyo valor aumenta conforme se incrementaba la concentración de pectina (valores entre 0,93 y 0,999).

Humedad

En la extracción de pectina de la pulpa de Jackfruit en base a la combinación de los factores ABC (estado de madurez + temperatura de hidrolización + tipos de ácidos), la interacción que presentó en el tratamiento denominado a₀b₀c₀ (M. comercial + 80°C + A. clorhídrico) con 8,47% de humedad, a un pH de 2.5 a 60°C y 80°C por un periodo para la hidrolización de 75 minutos. El resultado de la presente investigación se asimila al estudio de Bareto, E; et al (2017) [37] al realizar la extracción y caracterizaron pectina a partir del mango de azúcar (*Mangifera indica* L.), obtuvieron un porcentaje de humedad de 4.5 ± 0.87 , por debajo del 10% el cual es el máximo aceptable según la UPS (United States Pharmacopeia 2014), según la literatura, las pectinas con un alto porcentaje de humedad son dificultosas de pulverizar, se adhieren a la superficie, tienen menor estabilidad y por ende tiempo de vida útil.

Cenizas

Según el análisis estadístico aplicado en la variable de cenizas reportó diferencias significativas proporcionando el mayor porcentaje en el tratamiento a₁ b₁ c₁ (M. organoléptica + 60°C + A. Sulfúrico) con (7,02 %) y el de menor porcentaje el tratamiento a₀ b₁ c₀ (M. comercial + 60°C + A. clorhídrico) con 3,31% encontrándose este último aproximado, mientras que el valor mayor se encuentra por encima de los valores propuesto por Chasquibol, N & otros., (2008) [5], en su investigación sobre la extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana, en la cual evaluó la pectina obtenida de la pulpa del níspero de la sierra que presentó el porcentaje de cenizas de 3,47% y del mesocarpio de la granadilla reportando el valor de 4,95%; de acuerdo a Miyamoto, A; Chang, K. (1992) [43] el contenido de cenizas afecta la habilidad de la pectina de gelificarse. siendo el tratamiento a₁ b₁ c₁ el menos indicado para gelificar por su mayor contenido de cenizas.

Acidez libre

En lo referente a las medias del acidez libre de en base a la combinación de los factores ABC (estado de madurez + temperatura de hidrolización + tipos de ácidos), se obtuvo dos

tratamientos que reportaron el mayor valor de (0,36 meq/g) siendo estos $a_0b_0c_1$ (M. comercial + 80°C + A. sulfúrico) y $a_0b_1c_1$ (M. comercial + 60°C + A. Sulfúrico) y el tratamiento con menor acidez libre de (0,15 meq/g) es $a_0b_1c_1$ (M. comercial + 60°C + A. Sulfúrico) encontrándose el primer valor por encima y el segundo por debajo de lo reportado por Mendoza, L & otros., (2017) [4] en su artículo científico de Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto de cacao (*Theobroma cacao L.*), resalta un valor de AL de $0,2 \pm 0,01$ indicando que es bajo comparado con el de la pectina comercial de lenta gelificación (0,30 meq/g) y de la pectina de gelificación rápida (0,28 meq/g) encontrándose dentro de este rango los dos tratamientos que se identificaron con mayor acidez en la investigación.

Grado de esterificación

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación, respecto al grado de esterificación se obtuvieron valores entre 0,27% y 0,92% otorgando a la pectina en el rango de bajo con tenido metoxilo. Balzar, F; Carbajal, D; Baca, N; Rodríguez, D. (2013) [44] realizaron una investigación con la finalidad de optimizar las condiciones de extracción de pectina a partir de la cáscara de limón francés utilizando la metodología de superficie de respuesta, como ácido para la hidrólisis se utilizó H₂SO₄ con pH de 1-3 y temperaturas de 70-90 °C, posterior análisis se determinó que el grado de esterificación varía entre 52.2 al 80% lo que califica a la pectina como alto contenido metoxilo.

Contenido metoxilo

De acuerdo a las medias del contenido de metoxilo no presentaron diferencia significativa en base a la combinación de los factores ABC (estado de madurez + temperatura de hidrolización + tipos de ácidos), dando un rango de 3,93% - 1,49 representando a los tratamientos ($a_0 b_1 c_0$ y $a_0 b_0 c_0$) encontrándose estos promedios dentro de los rango reportados por Paredes, J & otros., (2015) en su artículo del Efecto del grado de madurez sobre las propiedades fisicoquímicas de pectinas extraídas de cascos de guayaba (*Psidium guajava L.*) [45]. Donde evaluó tres tipos de madurez de la fruta mencionada indicando el porcentaje de metoxilo de $2,52 \pm 0,095$ en verde, $1,63 \pm 0,147$ en pintón y $0,85 \pm 0,123$ en

maduro, lo cual indica que la pectina posee un bajo metoxilo. De acuerdo a este criterio, la pectina extraída de jackfruit es considerada de bajo metoxilo.

Porcentaje de ácido anhidrogalacturónico

En el porcentaje de AAG, en la extracción de pectina a partir del Jackfruit, se observó que el tratamiento (M. comercial + 80°C + A. clorhídrico) obtuvo un valor 35,18%, el cual está por debajo a los de D'Addosio; *et al* (2005) [46] en su investigación de obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita, al analizar el AAG tuvieron porcentajes de 71,65 y 78 en corteza de limón y parchita, respectivamente. Por el contrario de Maldonado, Y, *et al* (2010) [34] que a partir de frutos de maushan obtuvo en su mejor tratamiento un valor de 25,88% de AAG, por debajo de los resultados logrados en el presente estudio.

Peso equivalente

Con relación al peso equivalente de las combinaciones ABC se presentan el valor más bajo (27,81mg/meq) en la interacción $a_0 b_1 c_1$ (M. comercial + 60 °C + A. Sulfúrico) mientras que el valor más alto (67,16 mg/meq) se reportó en el tratamiento $a_0 b_1 c_0$ (M. comercial + 60°C + A. clorhídrico) . Estos promedios se encuentran por debajo de los obtenido por Mendoza, L & otros., (2017) [4] en su artículo científico de Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto de cacao (*Theobroma cacao L*), que presenta los valores de $5091,4 \pm 77,6$ mg/meq además reporta el valor de dos pectinas comerciales evaluadas siendo estas: pectina comercial de lenta gelificación ($2702,9 \pm 54,4$ mg/meq) y de la pectina de gelificación rápida ($3602,1 \pm$ mg/meq) encontrándose muy por encima de lo reportado por la investigación de la extracción de pectina de la pula del Jackfruit.

4.1.4. Tratamiento de Hipótesis.

- De acuerdo a los resultados de los análisis fisicoquímicos de la evaluación de la temperatura de hidrólisis acida, estado de madurez y tipo de ácidos se acepta la hipótesis alternativa en las siguientes variables: viscosidad ,humedad, cenizas, peso equivalente,

acidez libre, ácido anhidro galacturónico y rendimiento, debido a que influyeron en la obtención de pectina, mientras que para las variables de grado de esterificación y porcentaje de metoxilo se acepta la hipótesis nula ya que no presentaron diferencias entre sus medias.

- Las pectinas extraídas de cada tratamiento reportaron distintos porcentajes de rendimiento por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- Se describió el proceso para la obtención de pectina a partir del *Artocarpus Heterophyllus Lam* (Jackfruit) , para lo cual primero se necesita obtener la harina del pulpa del Jackfruit de los dos estados de madures (factor A) ; para lo cual se realizó el siguiente proceso: recepción de la materia prima, pesado, despulpado, inactivación, lavado de la pulpa hasta que pierda por completo el color propio de la misma, reposo en etanol por 24h, secado a 60°C por 72 h y molienda, obtenida la harina se procedió a extraer la pectina de la misma, usando; hidrólisis con agua acidulada de HCl y H₂SO₄ (factor B) a temperatura 60 °C y 80 °C (factor C) por 75 min , se filtró separando los sólidos ya innecesarios , al líquido sobrante se añadió 60 mL de alcohol de 96° para la precipitación por 24 h, se filtró para obtener la pectina, posterior a esto se lavó la pectina con alcohol de 70°, seguido del secado de la pectina a 60 °C durante 24 h.
- Mediante los análisis físicos y químicos de la pectina obtenida del *Artocarpus Heterophyllus Lam* (Jackfruit) se determinó que la mejor combinación con respecto a las variables: viscosidad, humedad, cenizas, peso equivalente, acidez libre, ácido anhidro galacturónico, es : la temperatura del hidrólisis ácido de 60° C, con una solución de ácido clorhídrico, y una madurez comercial de la fruta, mientras que los demás tratamientos no presentaron diferencia de medias de las variables: grado de esterificación y porcentaje de metoxilo
- El mejor tratamiento a₀b₁c₀ (M. comercial + 60°C + A. clorhídrico) reflejó un rendimiento de 19,5% siendo a su vez el porcentaje más relevante entre todos los tratamientos.

5.2 Recomendaciones

- Para la extracción de pectina usar la combinación de los factores a_0 b_1 c_0 (M. comercial + 60°C + A. clorhídrico) ya que mediante estos parámetros se logró obtener mayor porcentaje en rendimiento en extracción de pectina del Jackfruit.
- En la obtención de pectina de la pulpa de Jackfruit, utilizar la fruta de estado de madurez comercial, en el proceso de hidrólisis utilizar ácido clorhídrico a pH 2,5 y a una temperatura de 60°C
- Trabajar con agua destilada, ya que no contiene minerales y previene algún tipo de contaminación y reacción en el proceso de extracción de pectina.
- Usar alcohol grado 96° de concentración garantizada, ya que es el principal componente que permite extraer la mayor cantidad de pectina del líquido filtrado

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- [1] G. Ghosh, Studies on flowering and prevalence offruit drop in Jackfruit, Banglaseh: Horticulture Research Centre, 1994.
- [2] K. Love y E. Paull, «Jackfruit. Fruits and Nut,» College of tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, 2011.
- [3] M. Aguilar, Estudio de la Temperatura y Concentración de Azúcar en la Deshidratación Osmótica de Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) Tesis de Grado. Universidad Técnica de Ambato., Ambato, 2011.
- [4] L. Mendoza, J. Jiménez y M. Ramírez, «EVALUACIÓN DE LA PECTINA EXTRAÍDA ENZIMÁTICAMENTE A PARTIR DE LAS CÁSCARAS DEL FRUTO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.),» *Scielo*, vol. 1, n° 20, pp. 131-138, 2017.
- [5] N. Chasquibol, E. Arroyo y J. Morales, «Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana,» *Ingeniería Industrial* , n° 26, pp. 175-199, 2008.
- [6] P. Guzman, Cultivo de la pacharita, Caracas: Espasan, 1990, pp. 27-32.
- [7] N. Haq, Fruits for the Future : Jackfruit, Southampton: University of Southampton, 2006.
- [8] E. Little, F. Wadsworth y J. Marrero, Árboles comunes de Puerto Rico y las Islas Vírgenes., Segunda Edición ed., San Juan: Universidad de Puerto Rico, 2011, pp. 48-49.
- [9] Southampton Centre For Underutilised Crops (SCUC)., Jackfruit *Artocarpus heterophyllus* Lam, Field Manual for Extension workers and farmers, Southampton: University of Southampton, 2006.
- [10] P. Artey, Procesado de frutas, Zaragoza: Acribia SA, 1997.
- [11] S. Castillo, K. Sarzosa y C. Villacís, Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de pulpa, néctar y mermelada de la fruta *Artocarpus Heteropyllus* Jackfruit, Ubicado en la ciudad de Quito. Tesis de grado

Universidad Politécnica Salesiana, 2014.

- [12] J. Boatella, R. Codony y P. López, Química y bioquímica de los alimentos II, Barcelona: Universidad de Barcelona, 2004.
- [13] J. Devries, A. Voragen, F. Rombouts y W. Pilnik, Changes in the structure of apple pectic substances during ripening and storage, 1984.
- [14] E. Sandoval, Técnicas aplicadas al estudio de la anatomía vegetal, Mexico D.F: Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de Mexico, 2005.
- [15] A. Wang, Q. Liao, Z. P. Feng, A. Li y J. Wang, «Apple pectin mediate green synthesis of hollow double-caged peatun like ZnO hierarchical superstructures and photocatalytic applications.,» *CrystEngComm*, vol. 14, nº 1, pp. 256-263, 2012.
- [16] H. Schols, G. Coenen y A. Voragen, Revealing pectin's structure., Amsterdam: Wageningen Academic Publisher, 2009.
- [17] T. Vandamme, A. Lenourry, C. Charreau y J. Chaumeil, «The use of polysaccharides to target drugs to the colon,» *Carbohydrate Polymers*, vol. 48, nº 3, pp. 219-231, 2002.
- [18] P. Sriamornsak, «Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: a review,» *Silpakorn University International*, vol. 3, pp. 206-228, 2003.
- [19] L. Rincón, Estudio de factibilidad de obtención de pectina a partir de desechos cítricos. Trabajo de Grado, Universidad Nacional de Colombia, 1990.
- [20] G. Cayón, L. Valencia, H. Morales y A. Dominguez, «Desarrollo y producción del plátano Dominico Hartón (Musa AAB Simmonds) en diferentes densidades y arreglos de siembra.,» *Agronomía Colombiana*, 2014.
- [21] W. Edwards, «The science of bakery products.,» *Royal Society Chemistry*, 2007.
- [22] H. Owens, J. Miers y W. Maclay, Distribution of molecular weights of pectin propionates., *J. Colloid*, 1944.

- [23] D. Sanchez, C. Aguilar, J. Contreras y G. Nevárez, «Moléculas pécticas: extracción y su potencial aplicación como empaque,» *Revista Tecnociencia Universidad Autónoma de Coahuila*, vol. 5, n° 2, pp. 76-82, 2011.
- [24] P. Srivastava y R. Malviya, «Source of pectin, extraction and its applications in pharmaceutical industry. An overview,» *Indian Journal of Natural Products and Resources*, vol. 2, n° 1, pp. 10-18, 2011.
- [25] P. Mamani, R. Ruiz y M. Veiga, *Pectina: usos farmacéuticos y aplicaciones terapéuticas*, 2011.
- [26] F. Muñoz, *Extracción y caracterización de la pectina obtenida a partir del fruto de dos ecotipos de cocona (Solanum Sessiliflorum), en diferentes grados de madurez; a nivel de planta piloto. Universidad Nacional de Colombia. Maestría en Ingeniería agrícola, Bogotá, 2011.*
- [27] FAO., «Oficina regional de la FAO para América Latina y El Caribe,» 1987. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/docrep/x5055s/x5055S00.htm#Contents>.
- [28] C. May, «Industrial pectins: sources, production and applications.,» *Carbohydr. Polymers.*, vol. 12, pp. 79-99, 1990.
- [29] P. Pérez, K. Tuiran y D. Pérez, «Diseño del proceso industrial para la obtención de pectina a partir de desechos de mango (cascara),» Repositorio Institucional Universidad de Cartagena, 2001. [En línea]. Available: <http://190.242.62.234:8080/jspui/handle/11227/603>.
- [30] J. Chávez, «Extracción de pectina a partir de cáscara de "naranja criolla" (Citrus aurantium L.) proveniente de la Provincia de Rodríguez de Mendoza,» *InvestigacionesAmazonenses*, vol. 3, n° 1, pp. 24-26, 2013.
- [31] L. Chaires, E. Ramos y J. Salazar, «Caracterización físicoquímica de pectinas de cáscara de tuna y su posible uso en la industria alimentaria,» de *XIII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería y VII Simposio Internacional de Producción de Alcoholes*

y *Levaduras*, Acapulco, 2009.

- [32] V. Zegada, «Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO),» *Scielo*, vol. 1, n° 15, 2015.
- [33] L. Mendoza, J. Jiménez y M. Ramírez, «Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de la cáscara del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.),» *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, vol. 20, n° 1, pp. 131-138, 2017.
- [34] Y. Maldonado y S. Salazar, Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de Maushan (*Vaconcella wberbaueri* (Harms) V.M Badillo) en dos índices de madurez provenientes del distrito de San Miguel de Soloco, Región Amazonas. Tesis de Grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 2010.
- [35] R. Baltazar, D. Carbajar, N. Baca y D. Salvador, «Optimización de las condiciones de extracción de pectina a partir de cáscara de limón francés (*Citrus medica*) utilizando la metodología de superficie de respuesta,» *Agroindustrial Science*, vol. 2, pp. 77-89, 2013.
- [36] R. Adossio, G. Páez, M. Marín, Z. Mármol y J. Ferrer, «Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*),» *Facultad Agrónoma (LUZ)*, vol. 22, pp. 240-249, 2005.
- [37] E. Barreto, A. Púa, D. De Alba y P. M., «Extracción y caracterización de pectina de mango de azúcar (*Mangifera indica* L.),» *Temas Agrarios*, vol. 22, n° 1, pp. 77-84, 2017.
- [38] GAD del Cantón Quevedo, Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Quevedo 2012-2016 (Actualización), Quevedo, 2014.
- [39] GAD del Cantón Quinsaloma, Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Quinsaloma, Quinsaloma, 2012.
- [40] Instituto Ecuatoriano de Normalización., *Conservas Vegetales: Determinación de cenizas*, Quito, 2012.
- [41] H. Owens, R. McCready, A. Shepherd, J. Miers, R. Earlandsed y W. Maclay, *Methods*

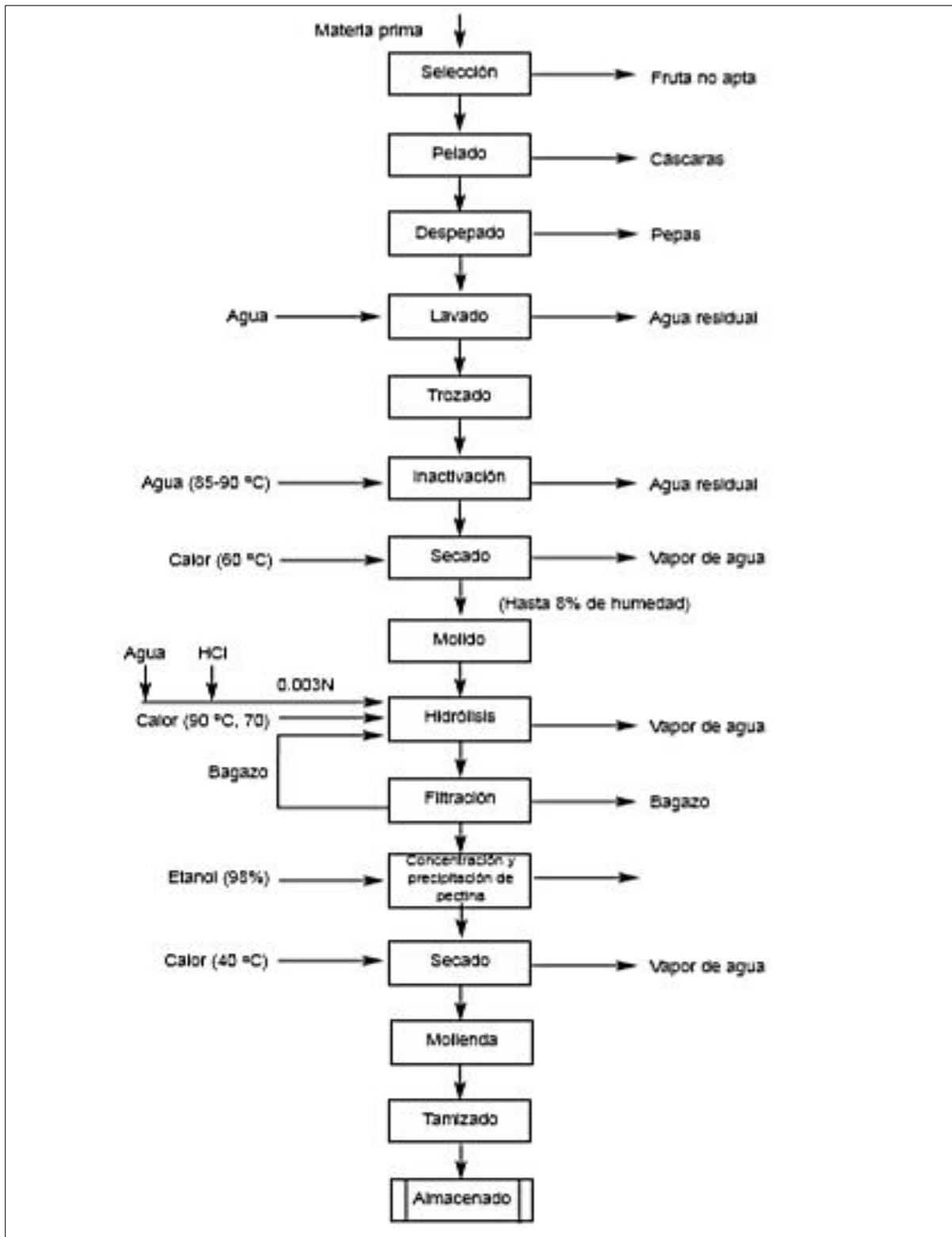
used at western regional research laboratory for extraction and analysis of pectic materials, California, 1952.

- [42] J. Rojas, A. Perea y E. Stashenko, «Obtención de aceites esenciales y pectinas a partir de subproductos de jugos cítricos,» *Facultad de Química Farmacéutica*, vol. 16, n° 1, pp. 110-115, 2008.
- [43] A. Miyamoto y K. Chang, «Extraction and physicochemical characterization of pectin from sunflower head residues,» *Journal of food and science*, vol. 57, 1992.
- [44] R. Baltazar, D. Carbajar, N. Baca y D. Salvador, «Optimización de las condiciones de extracción de pectina a partir de cáscara de limón francés (*Citrus medica*) utilizando la metodología de superficie de respuesta,» *Agroindustrial Science*, vol. 2, pp. 77-89, 2013.
- [45] J. Paredes, R. Hernández y CañizaresA, «Efecto del grado de madurez sobre las propiedades fisicoquímicas de pectinas extraídas de cascós de guayaba (*Psidium guajava* L.),» *Scielo*, vol. 3, n° 3, junio- agosto Volumen 33, N° 3. Páginas 35-41 2015.
- [46] R. D'Addosio, G. Páez, M. Marin, Z. Marmol y J. Ferrer, «Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita (*Passiflora edulis* f. *Flavicarpa* Degener),» *Rev. Fac. Agronomía (LUZ)*, vol. 22, n° 3, pp. 241-251, 2005.
- [47] D. León y J. Rivera, Extracción y caracterización química de las pectinas de las cáscaras del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*, Var *Flavicarpa ligularis* Juss) y tumbo serrano (*Passiflora mollísima* H.B.K Bailey). Tesis para obtener el título de Ingeniero Químico., Universidad Nacional de Callao 2014.
- [48] J. Pagan, *Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocotón*, Salamanca: Universidad de Lleida, 2015.

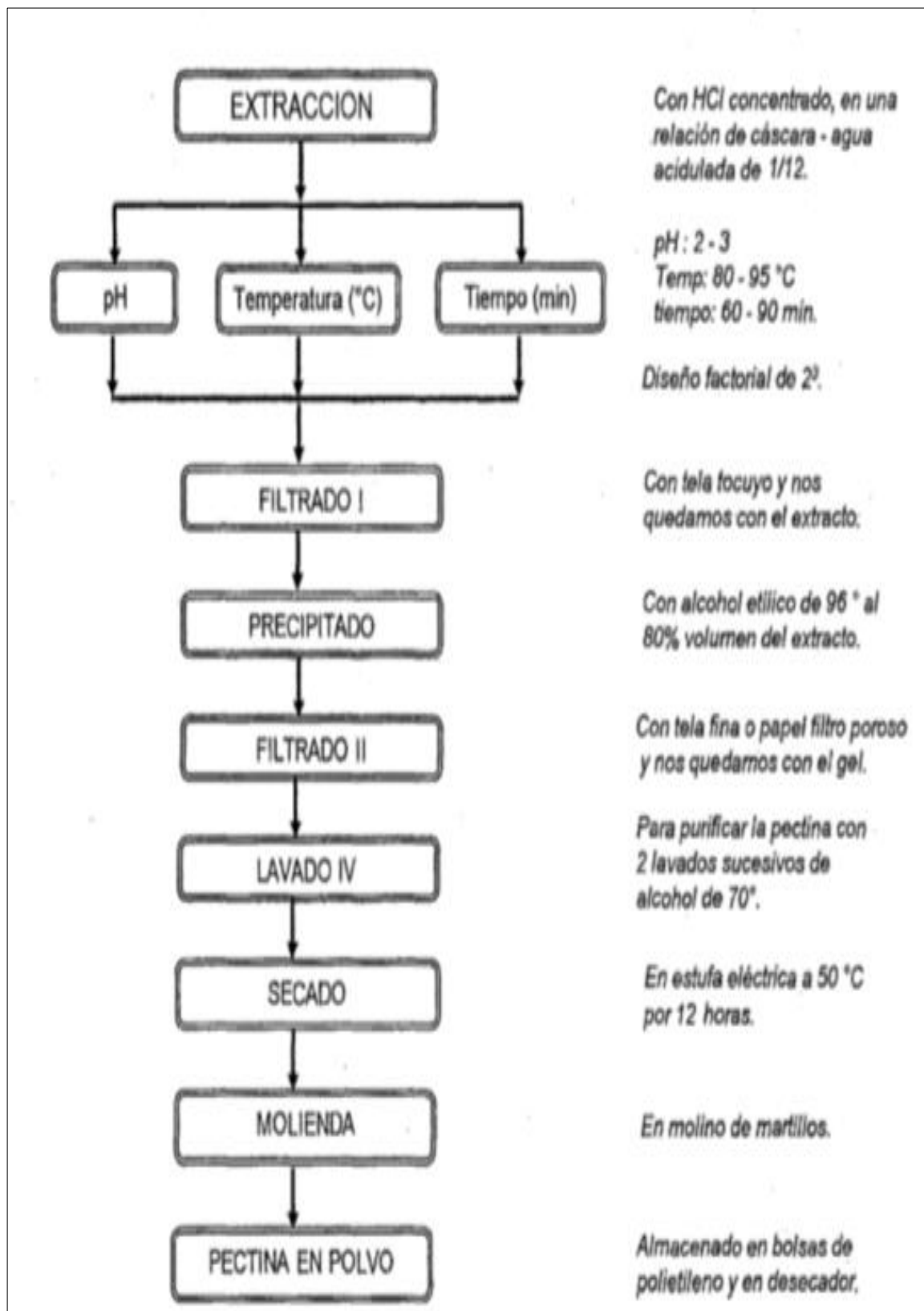
CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Flujogramas de referencia para la extracción de pectina



Fuente: Chasquibol, N; Arroyo, E; Morales, J (2008) [5]



Fuente: León, D; Riveros, J. (2014). [47]

Anexo 2. Extracto de la Norma AOAC 15: 1990- determinación de la humedad

1. **Materiales y equipos:** balanza analítica, placas de vidrio, desecador, espátula, estufa regulada

2. Procedimiento y medición de la humedad

2.1 Procedimiento

- colocar una placa limpia y seca por una hora en la estufa a temperatura de secado del producto
- secar y luego llevar al desecador hasta enfriar
- pesar la placa en la balanza analítica y registrar como M1
- pesar entre 2 a 5 g de muestra previamente homogenizada, registrar como M2
- colocar la placa en la estufa por 3 horas
- repetir el procedimiento de secado por una hora adicional hasta que las variaciones entre las dos pesadas sucesivas no exceda de 5 mg, registra valor como M3.

2.2 Cálculo

$$\% \text{ Humedad} = \frac{M_a - M_b}{M_a - M} \times 100$$

Donde:

M= Masa en gramos de la cápsula con tapa

Ma= Masa en gramos de la cápsula con tapa y la muestra

Mb= Masa en gramos de la cápsula con tapa y la muestra seca

Anexo 3. Extracto de la Norma INEN 401:2012 conservas vegetales –

Determinación de cenizas

1. **Objeto:** esta norma establece el método para determinar cenizas en conservas vegetales
2. **Instrumental:** capsula de platino de 100 cm³, mufla con regulador de temperatura, desecador con cloruro de calcio anhídrido u otro deshidratante adecuado, balanza analítica sensible a 0,1 mg, fuente calórica con regulador de temperatura, pinzas.
3. **REACTIVOS:** Aceite de oliva, agua destilada

4. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

4.1 Homogeneizar convenientemente la muestra, según su naturaleza

5. PROCEDIMIENTO

5.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada

5.2 Colocar la cápsula en la mufla y calentar durante 15 minutos a $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$; transferir al desecador para enfriamiento y pasarla con aproximación al 0,1 mg

5.3 Pesar la capsula de platino, 10 g de muestra, con aproximación al 0,1 mg y colocar sobre la fuente a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, para evaporación

5.4 Adicionar unas gotas de aceite de oliva y continuar el calentamiento hasta que cese el borboteo

5.5 Quemar la muestra cuidadosamente hasta combustión completa en un mechero tipo Bunsen u otra fuente de calor apropiada

5.6 Colocar la capsula con su contenido en una mufla a $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$, hasta obtener cenizas blancas; si las cenizas presentan un color obscuro, humedecerlas con unas gotas de agua destilada.

5.7 Evaporar sobre la fuente calórica y proceder a calcinar nuevamente en la mufla a $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$, hasta obtener cenizas blancas.

5.8 Pesar la capsula con su contenido, con aproximación al 0,1 mg.

6. Cálculos

El contenido de las cenizas en conservas vegetales se determina mediante la ecuación siguiente:

$$C = 100 \times \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1}$$

Donde:

C = contenido de cenizas, en porcentaje de masa.

m₁ = masa de la cápsula vacía, en gramos.

m₂ = masa de la cápsula con la muestra, en gramos.

m₃ = masa de la cápsula con las cenizas, en gramos.

Anexo 4. Determinación de Peso Equivalente por el Método de Owens, H. (1952)

Peso equivalente: Los valores para el peso equivalente se utilizan en los cálculos para el contenido de ácido anhidrogalacturónico y el grado de esterificación. Pesar 0,5 g. de sustancia pectica en un 250 ml. Matraz de titulación y humedecer con 5 ml. de etanol. Se puede agregar un gramo de NaCl para afilar el punto final. Añadir 100 ml. de agua destilada libre de dióxido de carbono y 6 gotas de indicador rojo fenol (o indicador de Hinton (17) - azul de bromotimol 0,4 por ciento 1 volumen, rojo fenol 0,4 por ciento 3 volúmenes, rojo cresol 0,4 por ciento 1 volumen y agua destilada 1 volumen) .Titule lentamente para evitar la posible desestricación, utilizando 0.1N NaOH hasta que el indicador cambie (pH 7.5). Asegúrese de que toda la sustancia pectica se haya disuelto y de que no se formen grumos en los lados del matraz. El punto final debe persistir durante 30 segundos. Guardar la solución neutralizada para la determinación de metoxilo.

$$Eq. wt = \frac{1000 * wt. of sample (gm)}{N * vol. of alkali (ml)}$$

Equivalent Weight: Values for equivalent weight are used in the calculations for anhydrouronic acid content and degree of esterification.

Weigh 0.5 gm. of pectic substance into a 250-ml. titration flask and moisten with 5 ml. of ethanol. One gram of NaCl may be added to sharpen the end point. Add 100 ml. of carbon dioxide-free distilled water and 6 drops of phenol red indicator (or Hinton's indicator (17))-- bromothymol blue 0.4 percent 1 volume, phenol red 0.4 percent 3 volumes, cresol red 0.4 percent 1 volume, and distilled water 1 volume). Slowly titrate to avoid possible deesterification, using 0.1N NaOH until the indicator changes (pH 7.5). Be sure all of the pectic substance has dissolved and that no lumping on the sides of the flask occurs. The endpoint should persist for 30 seconds. Save the neutralized solution for methoxyl determination.

$$Eq. wt. = \frac{1000 \times wt. of sample (gm.)}{N \times vol. of alkali (ml.)}$$

Fuente: <https://ia801003.us.archive.org/35/items/methodsusedatwes340owen/methodsusedatwes340owen.pdf>

Anexo 5. Determinación de Contenido metoxilo por el Método de Owens, H. (1952)

El contenido de metoxilo o grado de esterificación es un importante factor en el control del tiempo de fraguado de las pectinas, la sensibilidad a Los cationes polivalentes, y su utilidad en geles, películas y fibras terminales con bajo contenido de sólidos.

A la solución neutra titulada para peso equivalente que contiene 0-5 gm. De sustancia péctica, añadir 25 ml. de NaOH 0.25N, agitar a fondo, y dejar reposar 30 minutos a temperatura ambiente en un matraz tapado. Añadir 25 ml. de 0.25N HCl (o una cantidad equivalente a la base agregada) y valorar con NaOH 0.1N para el mismo punto final como antes.

$$\% MoO = \frac{N * vol. of alkali (ml) * 3.1}{wt. of sample (gm)}$$

Methoxyl Content: The methoxyl content or degree of esterification is an important factor in controlling the setting time of pectins, the sensitivity to polyvalent cations, and their usefulness in low-solids gels, films, and fibers.

To the neutral solution titrated for equivalent weight containing 0.5 gm. of pectic substance, add 25 ml. of 0.25N NaOH, shake thoroughly, and allow to stand 30 minutes at room temperature in a stoppered flask. Add 25 ml. of 0.25N HCl (or an amount equivalent to the base added) and titrate with 0.1N NaOH to the same endpoint as before (17).

$$\% MoO = \frac{N \times vol. of alkali (ml.) \times 3.1}{wt. of sample (gm.)}$$

Fuente: <https://ia801003.us.archive.org/35/items/methodsusedatwes340owen/methodsusedatwes340owen.pdf>

Anexo 6. Memoria fotográfica

Proceso de recepción de la materia prima



Fotografía 1: Ejemplares de Jackfruit, fruta seleccionada para el estudio.



Fotografía 2: Pesado de la

Tratamiento previo de la recepción de la fruta



Fotografía 3: Separación de la corteza de la (Pelado).



Fotografía 4: Separación de la pulpa y pepas de la fruta (Despepado)



Fotografía 5: Determinación de los grados Brix



Fotografía 6: Proceso de inactivación de la pulpa del Jackfruit



Fotografía 7: Lavado de la pulpa obtenida en el proceso de inactivación



Fotografía 8: Reposo de la pulpa en etanol de 98° por 24 horas



Fotografía 9: Secado de la pulpa luego de 24 horas con etanol

Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida



Fotografía 10. Hidrólisis ácida



Fotografía 11. Proceso de filtrado, separación del bagazo posterior hidrólisis



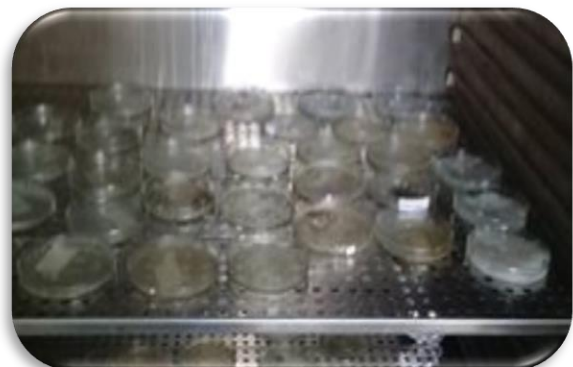
Fotografía 12: Precipitación de pectina



Fotografía 13: Filtrado de la pectina luego de la precipitación



Fotografía 14: Pectina lavada posterior proceso de precipitación



Fotografía 15: Secado de pectina en estufa a 60°C por 72 horas



Fotografía 16: Molienda de la pectina luego del secado por 72 horas



Fotografía17: Pectina obtenida de la pulpa del Jackfruit, posterior proceso de extracción



Fotografía18: Almacenamiento de la pectina en fundas Ziploc

Análisis de los factores físicos y químicos



Fotografía 19: Secado de muestras para la determinación de la viscosidad



Fotografía 20: Secado de muestras para la d determinación del % de humedad



Fotografía 21. Pesado y secado de muestras de pectina para la determinación del % de cenizas

Anexo 7. Datos de las características fisicoquímicas y rendimiento obtenidos en el proceso de extracción de pectina

Tratamiento	Factor A	Factor B	Factor C	Repeticiones	Rendimiento (%)	Viscosidad	Humedad (%)	Cenizas (%)	PE (Mg/Meq)	AL (Mg/Meq)	Metoxilo (%)	GE(%)	AAG (%)
a0b0c0	M. comercial	80 °c	A. Clorhídrico	1	13,14	20,44	8,52	4,11	38,46	0,26	1,43	1,57	35,19
a0b0c1	M. comercial	80 °c	A. Sulfúrico	1	10,06	0,36	5,25	10,96	26,38	0,38	2,23	1,43	35,11
a0b1c0	M. comercial	60 °c	A. Clorhídrico	1	19,25	43,46	4,17	3,37	62,70	0,16	5,01	0,91	35,08
a0b1c1	M. comercial	60 °c	A. Sulfúrico	1	12,18	19,11	7,36	5,70	27,83	0,36	3,71	0,63	35,13
a1b0c0	m. organoleptica	80 °c	A. Clorhídrico	1	15,56	11,98	8,21	3,90	41,67	0,24	1,43	0,25	35,19
a1b0c1	m. organoleptica	80 °c	A. Sulfúrico	1	16,36	7,80	4,01	5,72	38,60	0,26	1,67	0,29	35,07
a1b1c0	m. organoleptica	60 °c	A. Clorhídrico	1	15,50	20,77	7,24	6,21	45,48	0,22	1,67	0,29	35,18
a1b1c1	m. organoleptica	60 °c	A. Sulfúrico	1	11,70	13,90	7,80	7,18	33,39	0,30	2,54	0,44	35,13
a0b0c0	M. comercial	80 °c	A. Clorhídrico	2	17,61	17,23	7,98	3,98	41,71	0,24	1,55	0,27	35,16
a0b0c1	M. comercial	80 °c	A. Sulfúrico	2	8,93	0,95	5,58	10,23	29,48	0,34	2,41	0,41	35,11
a0b1c0	M. comercial	60 °c	A. Clorhídrico	2	20,72	45,67	4,87	3,12	71,61	0,14	2,84	0,53	35,11
a0b1c1	M. comercial	60 °c	A. Sulfúrico	2	10,68	18,90	7,66	5,23	27,78	0,36	1,86	0,32	35,19
a1b0c0	m. organoleptica	80 °c	A. Clorhídrico	2	13,38	12,18	8,44	4,01	41,78	0,24	1,67	0,29	35,11
a1b0c1	m. organoleptica	80 °c	A. Sulfúrico	2	14,88	7,58	4,24	5,88	38,57	0,26	4,58	0,80	35,10
a1b1c0	m. organoleptica	60 °c	A. Clorhídrico	2	17,05	18,90	7,89	6,00	45,55	0,22	2,54	0,45	35,13
a1b1c1	m. organoleptica	60 °c	A. Sulfúrico	2	11,14	15,25	6,43	7,01	33,44	0,30	2,22	0,38	35,09
a0b0c0	M. comercial	60 °c	A. Clorhídrico	3	12,42	19,84	8,90	4,23	40,08	0,25	1,49	0,92	35,18
a0b0c1	M. comercial	80 °c	A. Sulfúrico	3	10,76	0,94	6,32	10,01	27,93	0,36	2,32	0,92	35,11
a0b1c0	M. comercial	60 °c	A. Clorhídrico	3	18,52	45,50	5,69	3,45	67,16	0,15	3,93	0,72	35,09
a0b1c1	M. comercial	60 °c	A. Sulfúrico	3	12,24	19,01	8,76	5,89	27,81	0,36	2,79	0,48	35,16
a1b0c0	m. organoleptica	80 °c	A. Clorhídrico	3	14,46	11,70	7,65	3,78	41,72	0,24	1,55	0,27	35,15
a1b0c1	m. organoleptica	80 °c	A. Sulfúrico	3	17,90	8,22	5,89	5,34	38,58	0,26	3,12	0,54	35,08
a1b1c0	m. organoleptica	60 °c	A. Clorhídrico	3	14,62	19,20	8,09	5,89	45,51	0,22	2,10	0,37	35,15
a1b1c1	m. organoleptica	60 °c	A. Sulfúrico	3	12,85	15,25	6,10	6,86	33,42	0,30	2,38	0,41	35,11

Elaborado por: Estrada, O. (2018)

Anexo 8. Certificado de prácticas y análisis de laboratorio en el Laboratorio Básico de la UTEQ



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

Quevedo, 19 de octubre del 2018

CERTIFICADO DE PRÁCTICAS Y ANÁLISIS DE LABORATORIO

Yo, Lcdo. Juan Herrera Quimis
Encargado del laboratorio de química de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo

CERTIFICO

Que el señor **ESTRADA VILLARES NOE OMAR** con cedula de identidad N° 120731126-5; estudiante de la carrera de **INGENIERIA AGROINDUSTRIAL** de la Universidad Técnica Estatal De Quevedo ha realizado prácticas de laboratorio para realizar la extracción de la pectina de la pulpa de Jack fruit de su proyecto de investigación con el tema **EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA PULPA DE ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS LAM (JACKFRUIT)**, usando la balanza, cocina, termómetro, deshidratador y demás elementos para el proceso extracción de pectina, durante la investigación el señor estudiante estuvo bajo mi supervisión de acuerdo lo estable las normas para el uso de laboratorio donde la señor demostró capacidad investigativa, puntualidad, responsabilidad y colaboración en el desempeño de su proyecto de investigación.

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines académicos.


Lcdo. Juan Herrera Quimis

Anexo 9. Certificado de prácticas y análisis de laboratorio en el Laboratorio de Bromatología de la Finca Experimental “La María”



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

Quevedo, 19 de octubre del 2018

CERTIFICADO DE PRÁCTICAS Y ANÁLISIS DE LABORATORIO

Yo, Ing. Lourdes Ramos

Encargada del laboratorio de Bromatología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo

CERTIFICO

Que el señor **ESTRADA VILLARES NOE OMAR** con cedula de identidad N° **120731126-5** estudiante de la carrera de **INGENIERIA AGROINDUSTRIAL** de la Universidad Técnica Estatal De Quevedo ha realizado prácticas de laboratorio para realizar los análisis Químicos: contenido de Metoxilo, peso equivalente, anhídrido galacturónico, grado de esterificación, acidez libre, cenizas, viscosidad, de la pectina extraída de la pulpa del Jackfruit de su proyecto de investigación con el tema **EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA PULPA DE ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS LAM (JACKFRUIT)**, usando la balanza analítica, mufla, estufa, viscosímetro, reactivos de titulación como NaOH, fenolftaleína y demás elementos para los análisis químicos de la pectina, durante la investigación el señor estudiante estuvo bajo mi supervisión de acuerdo lo estable las normas para el uso de laboratorio donde la señor demostró capacidad investigativa, puntualidad, responsabilidad y colaboración en el desempeño de su proyecto de investigación.

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines académicos.

Ing. Lourdes Ramos

Anexo 10. Certificado de prácticas y análisis de laboratorio en el Taller de Ingeniería Agroindustria



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

Quevedo, 19 de octubre del 2018

CERTIFICADO DE PRÁCTICAS Y ANÁLISIS DE LABORATORIO

Yo, Ing. Amado Coello Montoya
Encargado de los talleres de ingeniería agroindustrial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo

CERTIFICO

Que el señor **ESTRADA VILLARES NOE OMAR** con cedula de identidad N° 120731126-5; estudiante de la carrera de **INGENIERIA AGROINDUSTRIAL** de la Universidad Técnica Estatal De Quevedo ha realizado prácticas de laboratorio para realizar el escaldado de la pulpa de Jackfruit de su proyecto de investigación con el tema "**EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA PULPA DE *ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS LAM (JACKFRUIT)***", usando la balanza, cocina, termómetro y demás elementos para el proceso de escaldado de la pulpa, durante la investigación el señor estudiante estuvo bajo mi supervisión de acuerdo lo estable las normas para el uso de laboratorio donde la señor demostró capacidad investigativa, puntualidad, responsabilidad y colaboración en el desempeño de su proyecto de investigación.

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines académicos.



Ing. Amado Coello Montoya

