



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGROINDUSTRIAS

TESIS
PARA OPTAR EL GRADO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

TÍTULO:
CARACTERIZACIÓN DE LA PECTINA OBTENIDA A PARTIR
DE LA CÁSCARA DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)
MEDIANTE VARIACIÓN DEL ÁCIDO Y TEMPERATURA

PRESENTADO POR:
Br. ALICIA VANESSA COBEÑAS SILVA
Br. JEFFERSON BLADIMIR GUERRERO CRUZ

TUMBES - PERÚ

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGROINDUSTRIAS

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA PECTINA OBTENIDA A PARTIR
DE LA CÁSCARA DE CACAO (*Theobroma cacao L.*)
MEDIANTE VARIACIÓN DEL ÁCIDO Y TEMPERATURA**

PRESENTADA POR:

Br. Alicia Vanessa Cobeñas Silva
Autor

Br. Jefferson Bladimir Guerrero Cruz
Autor

Dr. Gerardo Juan Francisco Cruz Cerro
Asesor

Ing. Frank Edwin Torres Infante
Co-asesor

Ing. John Rimaycuna Ramírez
Co-asesor

**TUMBES - PERÚ
2018**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGROINDUSTRIAS

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA PECTINA OBTENIDA A PARTIR
DE LA CÁSCARA DE CACAO (*Theobroma cacao L.*)
MEDIANTE VARIACIÓN DEL ÁCIDO Y TEMPERATURA**

APROBADA POR:

Dr. Carlos Alberto Cánepa La Cotera
Presidente

Mg. José Luis Cabrera Reyes
Secretario

Mg. Alduvar Nectalí López Celi
Vocal

TUMBES - PERÚ

2018

DEDICATORIA

A Dios por darnos la vida ser nuestro guía y darnos la fuerza necesaria para enfrentar momentos difíciles en nuestras vidas, a nuestros padres por su amor, su esfuerzo y sacrificio nos han apoyado en cada momento, educándonos y formándonos con valores éticos y morales, para ser personas de bien, y lograr ser profesionales de provecho y su inmensa fe en el futuro de sus hijos y a nuestros hermanos y hermanas gracias a ellos y ellas que son el motor para lograr mis metas y sueños dándome su confianza y apoyo es por eso que soy persona de bien con retos que cumplir.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por ser siempre nuestra guía.

A nuestras familias y amigos de la Universidad, que nos apoyan desinteresadamente de los cuales las palabras de aliento son infaltables.

Al Dr. Gerardo Cruz Cerro e Ing. Edwin Torres Infante por la orientación y el asesoramiento brindado, el apoyo durante el desarrollo del presente trabajo, por sus revisiones, observaciones y recomendaciones, así como las experiencias y el conocimiento compartido.

Al Ing. John Rimaycuna Ramírez, profesional encargado del Laboratorio de Forestal y Medio Ambiente de la UNTUMBES, por apoyar en la ejecución de la fase experimental, además de brindar su tiempo y conocimiento, significando un notable aporte para el desarrollo de la investigación.

Un agradecimiento especial al Mg. José Luis Cabrera Reyes, por sus revisiones y observaciones brindado durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A nuestros profesores de la Escuela Profesional de Agroindustrias, de la Facultad de Ciencias Agrarias, a quienes debemos gran parte de nuestros saberes, gracias a su paciencia y enseñanza para llegar a ser profesionales.

Y a todas aquellas personas que de alguna manera colaboraron para poder llevar a cabo este trabajo de investigación.

ÍNDICE

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. Antecedentes	13
2.2. Bases teóricas.....	15
2.2.1. Cacao:	15
2.2.2. Pectina:.....	17
2.3. Definición de términos básicos.....	26
2.3.1. Pectina.....	26
2.3.2. Grado de metoxilación.....	26
2.3.3. Extracción de pectina.....	26
3. DISEÑO METODOLÓGICO	27
3.1. Tipo de estudio.....	27
3.1.1. De acuerdo al fin que se persigue: Aplicada.....	27
3.1.2. De acuerdo al enfoque de investigación: Experimental.	27
3.2. Población, muestra y muestreo.	27
3.2.1. Población	27
3.2.2. Muestra.....	27
3.3. Materiales y métodos.	27
3.3.1. Materiales	27
3.3.2. Métodos.....	28
3.4. Análisis estadístico.....	37
4. RESULTADOS	40
4.1. Análisis de porcentaje (%) rendimiento.	40
4.2. Análisis de porcentaje (%) de humedad.....	41

4.3. Análisis de porcentaje (%) de cenizas.....	42
4.4. Análisis de peso equivalente (g/equivalente H^+).....	44
4.5. Análisis de porcentaje (%) de metoxilo.....	46
4.6. Análisis de porcentaje (%) de esterificación.....	47
4.7. Análisis de porcentaje (%) de ácido galacturónico (AGA)	49
4.8. Análisis del grado de gelificación (gr)	51
5. DISCUSIÓN	53
6. CONCLUSIONES.....	57
7. RECOMENDACIONES	59
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXOS	65

Índice de tablas

Tabla N° 1. Contenido de sustancias pécticas en algunos materiales vegetales	24
Tabla N° 2. . Descripción de tratamientos	39
Tabla N° 3. Diferencias entre medias y la desviación estándar.....	39
Tabla N° 4. Comparación de propiedades.....	54

Índice de Figuras

Figura N°. 1 Flujograma de extracción de la cáscara de cacao	29
--	----

Índice de cuadros

Cuadro N° 1. Especificaciones oficiales de pureza para pectinas comerciales	19
Cuadro N° 2. Esquema del análisis de varianza	37
Cuadro N° 3. Análisis de varianza para el rendimiento	40
Cuadro N° 4. Prueba de rango de Tukey para rendimiento según factor A (Ácido) y factor B (Temperatura)	41
Cuadro N° 5. Prueba de rango de Tukey para rendimiento según factor Ax B (ácido* temperatura).....	41
Cuadro N° 6. Análisis de varianza para humedad	42
Cuadro N° 7. Análisis de varianza para cenizas.....	42
Cuadro N° 8. Prueba de rango de Tukey para ceniza según factor A (Ácido) y factor B (Temperatura)	43
Cuadro N° 9. Prueba de rango de Tukey para ceniza según factor Ax B (ácido* temperatura).....	44
Cuadro N° 10. Análisis de varianza para peso equivalente (g/equivalente H^+)	44
Cuadro N° 11. Prueba de rango de Tukey para peso equivalente según factor A (Ácido) y factor B (Temperatura).....	45
Cuadro N° 12. Prueba de rango de Tukey para peso equivalente según factor Ax B (ácido* temperatura)	46
Cuadro N° 13. Análisis de varianza para metóxilo	46
Cuadro N° 14. Prueba de rango de Tukey para metóxilo según factor A (Ácido) y factor B (Temperatura)	47
Cuadro N° 15. Prueba de rango de Tukey para metóxilo según factor Ax B (ácido* temperatura).....	47
Cuadro N° 16. Análisis de varianza para esterificación	48
Cuadro N° 17. Prueba de rango de Tukey para esterificación según factor Ax B (ácido* temperatura).....	49
Cuadro N° 18. Prueba de rango de Tukey para esterificación según factor Ax B (ácido* temperatura).....	49
Cuadro N° 19. Análisis de varianza para ácido galacturónico	50
Cuadro N° 20. Prueba de rango de Tukey para AGA según factor A (Ácido) y factor B (Temperatura)	50
Cuadro N° 21. Prueba de Rango de Tukey para ácido galacturónico según factor Ax B (ácido* temperatura)	51
Cuadro N° 22. Análisis de varianza para grado de gelificación	52
Cuadro N° 23. Volúmenes de la valoración para el ácido acético a 65°C	72

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar la pectina obtenida de la cáscara de cacao mediante variación del tipo de ácido y temperatura de extracción. Para ello se determinó las características fisicoquímicas de la pectina extraída por el método de hidrólisis ácida con ácido láctico, oxálico, cítrico y acético. Se evaluó a un pH de 3,0 con variaciones de temperaturas de extracción de 65°C, 75°C, 85°C y 95°C y un tiempo de 60 minutos.

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño experimental bifactorial con 2 niveles el factor A (tipo de ácido) y factor B (temperatura de extracción) con 3 repeticiones para cada tratamiento obteniendo un total de 16 tratamientos (4 tipos de ácidos y 4 diferentes temperaturas). Las propiedades fisicoquímicas analizadas fueron: rendimiento, humedad, cenizas, peso equivalente, metoxilo, esterificación, ácido galacturónico, poder gelificante. En base a esta caracterización, se elaboró una mermelada utilizando la pectina extraída de la cáscara de cacao.

Se concluye que el tipo de ácido y la temperatura de extracción presentaron un efecto significativo sobre las variables de respuesta rendimiento y calidad de la pectina. La extracción de pectina de cáscara de cacao en el ácido oxálico a 95°C obtuvo un rendimiento de 23,04%, humedad 10,65%, ceniza de 0,87%, peso equivalente de 2 219,43 g/equivalente, metoxilo de 2,89%, esterificación de 63,45%, ácido galacturónico de 78,13%, grado de gelificación de 368,03 g y un color marrón claro, cumpliendo con los parámetros de calidad de una pectina establecidos por la FAO, FCC y ECC.

Palabras claves: pectina, hidrólisis ácida, metoxilo, gelificación, grado de esterificación.

ABSTRACT

The present work aimed to characterize the pectin obtained from the cocoa husk by varying the type of acid and extraction temperature. Pectin was extracted using four types of acids (lactic, oxalic, citric and acetic acid) and four different temperatures (65 ° C, 75 ° C, 85 ° C and 95 ° C) at pH 3.0 and an extraction time of 60 min.

For the statistical analysis, a bifactorial experimental design was used with 2 factors, the acid type and the extraction temperature) with 3 repetitions for each treatment, obtaining a total of 16 treatments (4 types of acids and 4 different temperatures). The physicochemical properties analyzed were yield, humidity, ash, equivalent weight, methoxy, esterification, galacturonic acid, gelling power. Based on this characterization, a marmalade was produced using the pectin extracted from the cocoa husk.

It is concluded that the type of acid and the extraction temperature had a significant effect over the response variables yield and quality of the pectin. The extraction of pectin from cocoa husk in oxalic acid at 95 ° C obtained: a yield of 23.04%, humidity 10.65%, ash of 0.87%, equivalent weight of 219.43 g / equivalent, methoxy 2.89%, esterification of 63.45%, galacturonic acid of 78.13%, degree of gelling of 368.03 g and a light brown color. This pectin sample complies with the quality parameters of a pectin established by the FAO, FCC and ECC.

Key words: pectin, acid hydrolysis, methoxy, gelation, degree of esterification.

1. INTRODUCCIÓN

Se ha señalado que el centro primario de diversidad del cacao se encontraría en la región nororiental del Perú (García 2014, 108). El Perú posee cerca del 60% de las variedades de cacao en el mundo y concentra el 36% de la producción mundial de cacao fino y de aroma, según la Organización Internacional del Cacao (ICCO). Las exportaciones de cacao crecieron 6,8% durante el primer semestre de 2016, en comparación a los seis primeros meses de 2015, y ubicó al Perú como el quinto país exportador. La región San Martín tuvo la mayor producción (34 600 toneladas), seguida de Junín, Ucayali y Cusco (Maza 2017, 4). Asimismo, su producción está dispersa en varias zonas de la zona norte de la cuenca del Pacífico, con una nueva zona importante de producción como es Piura y Tumbes, en la que se cultiva un cacao blanco muy reconocido en el mundo por su aroma y exquisito sabor (Basombrío 2015, 1).

En la región Tumbes son 150 hectáreas, ubicadas en Uña de Gato, Papayal, Pampas de Hospital y Casa Blanqueada, donde se cultiva el cacao, 90 de las cuales son con el nombre de Criollo, en tanto, las restantes, corresponden al cacao convencional (ARPROCAT 2009, 1). En la explotación cacaotera solo se aprovecha económicamente un 10% del peso del fruto fresco, específicamente la semilla. Esta circunstancia se ha traducido en serios problemas ambientales tales como la aparición de olores fétidos y el deterioro del paisaje, por la enorme cantidad de desechos generados, constituidos en su mayoría por la cáscara, exudado y placenta del cacao (López 1984, 271–291).

El uso de la pectina está enfocado principalmente a la industria de alimentos es importada en su mayoría de distintos países como Francia, Argentina, México, Dinamarca, Brasil, Estados Unidos, y Bélgica, generando altos costos por concepto de importación. Este producto tiene un alto valor comercial a pesar de que a nivel industrial proviene de desechos agroindustriales o productos subvalorados como cáscaras de naranja, mango, cacao entre otras (Rojas 2008, 110-115). La pectina es una materia prima utilizada en la elaboración de diversos productos alimenticios entre los que se encuentran salsas, jugos naturales y jaleas; en estos productos se emplea como espesante y conservante. Sin embargo, a pesar de su importancia es un producto que no se produce mucho en distintos países (Zeledón 2012, 4).

Las empresas procesadoras de cacao, generan grandes cantidades de residuos (cáscaras y mucilago) que se convierten en un problema ambiental, que a su vez, son usados como alimento para bovinos por su alto contenido en fibras y energía. Los frutos de esta planta neotropical se conocen como "baya o mazorca", la cual está formada por una cáscara, en cuyo interior se encuentran las almendras rodeadas de un mucílago o pulpa de sabor dulce y ácido, el cual provee las condiciones adecuadas para el proceso de fermentación y para la formación de las sustancias precursoras del sabor y aroma de chocolate.

Sabiendo la alta demanda de pectina que se requiere para diversos productos alimenticios y demás aplicaciones, surge la necesidad de desarrollar un proceso experimental, para el procesamiento de pectina a partir del residuo del cacao, definiendo por caracterización del producto extraído, si la pectina obtenida cumple con los parámetros estándar requeridos a nivel internacional.

Los procesos industriales del cacao generan una serie de "residuos" que han tenido poca o ninguna utilización, como son las cáscaras y el mucilago que rodea a la semilla; y que se pierden en buena parte durante el proceso de fermentación.

El presente proyecto pretende abordar esta coyuntura y cumplir con los siguientes objetivos específicos:

- Obtener muestras de pectinas a partir de la cáscara de cacao, variando el tipo de ácido y temperatura de extracción.
- Determinar el rendimiento por método gravimétrico de las muestras de pectina obtenidas en cada variación.
- Aplicar análisis fisicoquímicos para evaluar la calidad de las muestras de pectina en cada variación.

Asimismo se pretende proveer una alternativa de aprovechamiento del residuo de la cáscara de cacao, lo cual le proporcionaría valor agregado de dicho residuo. Dando un mayor ingreso a las familias dedicadas a la producción de este rubro, generación de empleo en la zona, lo que permitirá elevar su calidad de vida y generar la creación de nuevos puestos de trabajos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Se realizó la extracción de pectina de Shell cacao, subproducto de la industria del chocolate, por hidrólisis con ácido cítrico a pH 3,0 variando la temperatura (70 °C - 90 °C) y tiempo de procesamiento (75 y 95 minutos). Se encontró que a temperaturas más altas y tiempo de extracción más largo, el rendimiento aumentó pero la calidad de la pectina disminuye. Se concluyó que las mejores condiciones de extracción fueron a 70 °C y 95 minutos, pues aunque no era el más alto rendimiento, la pectina era de buena calidad. En esas condiciones, el rendimiento fue 8,83%, el contenido en metoxilo 3,4%, el peso equivalente de 2335 g/meq, los fenoles totales 9,68%, los hidratos de carbono totales 42,03% y el contenido de ácido galacturónico 26,86% (Suarez y Orozco 2014, 8).

En otro estudio, se examinaron variables que tienen influencia en la extracción de pectina de cáscara de cacao usando ácido cítrico, con niveles de pH de 1,0; 2,0 y 3,0; temperatura de extracción de 50 °C, 75 °C y 100 °C; y la duración de la extracción de 30, 60 y 90 minutos. El rendimiento más alto (10,6%) fue a pH 1,0; extracción durante 60 minutos y a 100 °C; los resultados indicaron una relación significativa lineal de la temperatura y efecto cuadrático del tiempo con respecto al rendimiento de la pectina, siendo mejorados al aumentar el tiempo de extracción y la temperatura. Además, se probó con un ácido orgánico para mejorar el rendimiento de extracción, usando un procedimiento de extracción con bajo impacto ambiental, además de los beneficios en términos de rendimiento y propiedades fisicoquímicas, en comparación con ácidos minerales (Vriesmann 2012, 6).

Al obtener pectinas a partir de la cáscara de cacao a diferentes condiciones de temperatura y pH, se evaluaron sus principales características químicas. Para la extracción se utilizó EDTA al 0.5%, pH de 3, 4 y 5, y temperatura de 60°C, 75°C y 90°C, bajo un diseño factorial de 3x2, por un tiempo de 60 minutos. La pectina extraída a pH 4 y temperatura de 90°C obtuvo el mayor rendimiento de extracción de 3,89g/100g; con un poder gelificante de 422,16 g fuerza, pureza 62,26 g/100g (contenido de ácido galacturónico) (Barazarte 2008, 57-69).

En otro estudio, se tuvo como objetivo la extracción y caracterización de la pectina a partir de la cáscara de plátano. Los resultados de la espectrometría de infrarrojo confirmaron que la pectina obtenida en condiciones de pH 2,0 y 3,0 es de bajo metoxilo. La pectina obtenida a pH 3,0 posee características competitivas dentro de su tipo para ser destinada a la industria de alimentos (Vasquez 2008, 318-333).

Además, se desarrolló una investigación sobre la extracción de pectina para la producción de jaleas a partir de uvas (*Vitis labrusca* cv. Concord). Se evaluó el efecto de dos niveles de madurez de la uva (16,6 y 22 °Brix), tres niveles de pH (2; 2,5 y 3) y dos tiempos de cocción a 90°C (45 y 60 minutos) sobre la extracción de pectinas y su grado de metoxilación (GM). Se recomienda cosechar con 16,6 °Brix y calentar el zumo a pH 2,5 durante 60 minutos para obtener la mejor extracción de pectinas de alto grado de metoxilo, con un rendimiento del 3,84% (base peso fresco) y un grado de metoxilo 70,48 GE, comparable con pectinas HM de alta calidad (Fredes 2009, 2).

(Rojas 2008, 110-115), presentó un proceso de producción de pectina a partir de cáscaras de naranja a escala piloto, con extracción por hidrólisis en medio ácido y precipitación con alcohol etílico. El producto obtenido presentó buena apariencia y sus características de gelación son comparables con los productos del mercado internacional.

Aprovechando los desechos industriales del procesamiento del mango común (*Manguiфера indica*), se extrajo y caracterizó pectina a escala piloto a diferentes valores de pH (3,2; 3,4; 3,6) y tiempos de hidrolisis (45, 60 y 75 minutos). Se determinó su calidad por cenizas, acidez libre, peso equivalente, grado de esterificación, viscosidad y comportamiento geológico, calcio, magnesio, hierro y grado de gelificación. Las mejores condiciones de calidad fueron a pH de 3,2 y 75 minutos de hidrólisis, con un rendimiento de 23 a 24% (Ferreira 2007, 20).

En la búsqueda de nuevas fuentes de pectinas mediante la aplicación de un diseño de experimento, se determinó la influencia del pH (1 y 3), temperatura (75°C y 95 °C), tiempo (30 y 90 minutos) y tipo de ácido (HCl y HNO₃) en la extracción de pectina de remolacha azucarera. Se concluyó que es posible obtener pectinas de la remolacha azucarera con características específicas (alto

metoxilo, alto peso molecular, entre otros) manipulando estos factores dentro del intervalo estudiado, ello permitiría incrementar su uso potencial (Thibault 1991, 119–133).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Cacao:

El cacao o cacaotero (*Theobroma cacao L.*), es una especie de origen neotropical perteneciente a la familia de las esterculiáceas que limita su crecimiento espontáneo en biotipos de alta pluviosidad, donde las plantas se desarrollan asociadas a bosques naturales de manera permanente. Es conocido que dentro del género *Theobroma*, es la única especie que se explota comercialmente en grandes extensiones y presenta actualmente una gran distribución a nivel mundial, lograda por el desarrollo de programas directamente relacionados con el mercado y a los intereses de productores, comerciantes, industriales y consumidores (Girón 2004, 1-4).

Los cacaoteros sembrados por semilla desarrollan un tronco único y recto, que al llegar a una altura de 1,0 a 1,5 m detiene momentáneamente su crecimiento apical y emite un abanico de ramas que a su vez se ramifican abundantemente; en aquellos árboles multiplicados por estacas, si estas se obtienen de ramillas laterales se forma una planta en abanico sin eje central, con varias ramas primarias que crecen hacia arriba en ángulo agudo, mientras que si se trata de estacas de ramas verticales, se obtiene una planta semejante a una procedente de semilla. El fruto de cacao es llamado comúnmente mazorca y corresponde botánicamente a una baya drupácea grande de aproximadamente 25 cm de largo, con un contenido de semilla entre 20 y 40, incluso hasta 50 unidades y cuya forma varía entre globosa, ovoide y elipsoide, con sus extremos redondeados o puntiagudos. La superficie del fruto puede ser lisa o rugosa con 5 a 10 lomos superficiales o profundos y al madurar se torna de color amarillo claro o rojo-anaranjado, según sea la coloración de la mazorca tierna, verde o morada. El pericarpio del fruto está representado por la cáscara que es bastante carnosa y está compuesto por tres partes bien diferenciadas, el epicarpio o exocarpio, carnoso y espeso, cuyo estrato epidérmico exterior puede estar pigmentado, el mesocarpio, más o menos lignificado y el endocarpio, carnoso, más o menos espeso. Las semillas se hallan colocadas en cinco filas sobre la

placenta central, conociéndose que su número, tamaño y forma es una característica varietal, donde la longitud oscila entre 15 a 40 mm y el diámetro de 10 a 22 mm y están recubiertas con un mucílago gelatinoso de color blanquecino y de sabor agridulce. Su forma puede ser aplanada, triangular, elipsoide, ovoide y rolliza (Rincón 1982, 121-131).

La pulpa fresca de cacao está compuesta por el 80% de agua, de 10 al 15% de glucosa y fructosa, hasta el 0,5% de ácidos no volátiles, en su mayor parte cítricos y cantidades pequeñas de almidón, ácidos volátiles y sales. En un principio la pulpa es estéril, pero la presencia de azúcar y la adecuada acidez (pH 3,5), proporcionan excelentes condiciones para el desarrollo de microorganismos, una vez que la mazorca se abre. Las semillas de cacao están rodeadas de un mucílago que contiene de 10 a 15% de azúcar, 1% de pectinas y 1,5 % de ácido cítrico. Parte de este mucílago o pulpa es necesaria para la producción de alcohol y ácido acético en la fermentación de las almendras, pero de 5% a 7% drena como exudado. La pulpa cuyo pH ácido es debido a la presencia de ácido cítrico, constituye un medio favorable para las levaduras, su contaminación por numerosos microorganismos se inicia rápidamente una vez que las habas han sido extraídas de las mazorcas ya sea por el simple contacto con las manos de los trabajadores o con el material utilizado para el transporte y el tratamiento del cacao, esto debido a los insectos atraídos por el mucílago azucarado (Márquez 2015, 11).

La pectina fue aislada por primera vez en 1825 por el químico francés Henri Braconnot. La producción comercial de pectinas comenzó en 1908 en Alemania, a partir de los restos de la fabricación de zumo de manzana. Actualmente se obtienen de los restos de la extracción de zumo de manzana, y sobre todo, de los de la industria de los zumos de cítricos. Existen numerosos procesos patentados e investigaciones que conciernen a la obtención de pectinas, y en cada uno de ellos se obtienen productos de diferente calidad, porque sus propiedades y sus posibles aplicaciones dependen considerablemente del método de obtención (Rankes 1993, 393-394).

La producción nacional del cacao alcanzó un récord histórico el año 2016 al registrar un nivel de 108 000 toneladas, convirtiendo así al sector cacaotero peruano en uno de los más dinámicos del agro nacional. Las principales zonas

de producción de cacao se ubican en los departamentos de San Martín, Junín, Cusco, Ucayali, Huánuco, Ayacucho y Amazonas que representan el 96% del total de la producción nacional. La exportación peruana de cacao al mundo se expandió 12,5% al año pasado, al llegar a 90 mil toneladas de ese grano enviadas al exterior el 2016, desde unas 80 mil toneladas exportadas el 2015 (El Comercio 2017, 1).

La producción de cacao se dirige al aprovechamiento de la semilla, que representa un 10% del peso del fruto fresco, mientras que la cáscara, que constituye cerca del 80% del total de la mazorca, es el principal material de desecho de la explotación cacaotera. En base a esta situación se ha propuesto una alternativa de uso para aumentar el valor agregado de la cáscara de cacao, entre la cual destaca que se ha logrado extraer pectinas del endocarpio de cacao con un rendimiento de 8,0% en base seca, un grado de esterificación de 61,8% y una baja tasa de gelificación (Fontes 1972, 49–51) Por otra parte (Adomako 1972, 1145–1148), realizó una extracción ácida de pectina de cáscara de cacao con un rendimiento de 8,0 a 11,0% en base seca. Y se sugiere el uso de las de pectinas de cáscara de cacao en conjunto con las gomas para la elaboración de adhesivos en la industria farmacéutica (López 1984, 271–291).

2.2.2. Pectina:

De acuerdo (Hui 1996, 2039-2043), las sustancias pépticas son un grupo complejo de polisacáridos localizados en la lamela media y la pared primaria de las células vegetales. Contribuyen a la llamada textura de las frutas, los vegetales y los productos procesados. Según Kertesz (1984, 1-3), la pectina es definida como los ácidos pectínicos solubles en agua de grado de metilación variado que son capaces de formar geles con azúcar y ácido bajo condiciones determinadas.

Las pectinas se obtienen de materiales vegetales que tienen un alto contenido de éstas, tales como manzanas, frutas cítricas, piña, guayaba dulce, tomate de árbol, maracuyá y remolacha. Los subproductos de la industria de zumos de frutas, bagazo de manzanas y albedos de cítricos (limón, limón verde, naranja, toronja), constituyen básicamente las fuentes industriales de pectinas. El rendimiento de pectinas: cítricos 20–35%, manzana 10-15%, girasol, 15.25%, remolacha 10-20% y maracuyá 15-20% (Rojas 2008, 110-115).

2.2.2.1. Clasificación de las sustancias pécticas

La medida de esterificación de los ácidos poligalacturónicos se expresa por su contenido en metoxilo o grado de esterificación, el cual se define como el número de funciones ácidas esterificadas por cien monómeros de ácido galacturónico. Este parámetro es la base de una clasificación de las sustancias pécticas, Según (Kertesz 1984, 1-3) existen grupos carboxílicos esterificados en la cadena o polímero, se clasifican en:

- Protopectinas: Si todos los carboxilos están esterificados. Éstas son insolubles en agua y se hallan en mayor cantidad en los tejidos de los frutos no maduros o verdes.
- Ácidos pectínicos: Si solo una parte pero mayoritaria de los carboxilos está esterificada. Estos compuestos son capaces de formar geles si las condiciones de sólidos solubles y pH son adecuadas. Las sales de estos ácidos se llaman pectinatos.

2.2.2.2. Composición química y estructura de la pectina

Según (Bernal 1985, 21-24) , la pectina es un polímero del ácido D-galacturónico con unidades enlazadas por enlaces α 1-4. Las cadenas de pectina están interrumpidas por unidades de L-ramnosa unidas mediante enlaces α 1-2 (Hui 1996, 2039-2043). También se puede encontrar galactosa, arabinosa, glucosa y xilosa. Por lo menos 3 de estos azúcares neutros se han encontrado en pectinas en forma de cadenas laterales cortas.

Las pectinas de las frutas, y en general de los materiales vegetales, varían en el contenido de metoxilo y poder de gelificación, así como también en la presencia y las posiciones de otros grupos químicos como amidas y metóxilo. El contenido de metoxilo en las pectinas comerciales se encuentra entre el 8 y el 11%, pueden formar geles con un contenido de 65% de sólidos solubles (azúcar). También varían en la longitud de la cadena y los elementos involucrados en su estructura, lo cual compromete su capacidad de fluir. Desde el punto de vista del contenido de metoxilo, o sea del número de grupos carboxilos esterificados con metanol, se distinguen dos tipos, pectinas de alto metoxilo y pectinas de bajo metoxilo (Ferreira 2007, 20).

Cuadro N° 1. Especificaciones oficiales de pureza para pectinas comerciales

CARACTERISTICAS	REFERENCIAS		
	FAO (1978)	FCC (1981)	EEC (1978)
Humedad	máx. 12%	máx. 12%	máx. 12%
Cenizas ácido insolubles	máx. 1%	máx. 1%	máx. 1%
Cenizas totales	-	máx. 10%	
Dióxido de sulfuro	máx. 50mg/kg	-	máx. 50mg/kg
Metil sulfato de sodio	-	máx.1%	-
Metanol, etanol e isopropanol	máx.1%	-	máx.1%
Contenido de nitrógeno pectina amidada	máx.2,5%	-	máx.2,5%
Contenido de nitrógeno pectina	máx.0,5%	-	máx.0,5%
Ácido galacturónico	min,65%	-	máx.65%
Total de anhidrogalaacturónico	-	min.70%	-
Grado de Amidación pectina amidada	máx.25%	máx.40%	máx.25%
Grado de esterificación de pectina HM	-	max.50%	-
Grado de esterificación de pectina LM	-	min.50%	-
Arsénico, ppm	máx.3	máx.3	máx.3
Plomo, ppm	máx.10	máx.10	máx.10
Cobre, ppm	máx.50	-	-
Zinc, ppm	máx.25	-	máx.25%
Cobre + Zinc, ppm	-	-	máx.50
Metales pesados	-	máx.40	-

Fuente: (Puerta 1996).

FAO: Food and Agriculture Organization, FCC: Food Chemicals Codex, ECC: Environmental Export Council

❖ **Pectinas de alto metoxilo (hm)**

Según (Rankes 1993, 393-394), son aquellas en las cuales más del 50% de los grupos carboxilos del ácido galacturónico del polímero se encuentra esterificado con metanol. El grado de esterificación de las pectinas de alto metoxilo influye mucho sobre sus propiedades, en particular, a mayor grado de esterificación, mayor es la temperatura de gelificación. Éstas pectinas son capaces de formar geles en condiciones de pH entre 2,8 y 3,5 y un contenido de sólidos solubles (azúcar) entre 60% y 70%.

Las pectinas de alto metoxilo pueden subdividirse en 2 grupos: las de gelificación rápida (*Rapidset*), o sea menor a 5 minutos y tiene un grado de esterificación con metanol entre el 68 y el 75%. El otro grupo es de gelificación lenta (*Slowset*) es decir gelifican después de 5 minutos y tienen entre 60 y 68% de esterificación con metanol.

❖ **Pectinas de bajo metoxilo (lm)**

De acuerdo (Rankes 1993, 393-394), son aquellas en las cuales menos del 50% de los grupos carboxilo están esterificados con metanol. Para la formación del gel requieren la presencia de cationes divalente, generalmente se emplea calcio. En este caso la formación del gel ocurre por la formación de enlaces de dichos cationes con moléculas de pectina, formando una red tridimensional con los grupos carboxilo de ésta. Los geles se pueden obtener entre pH 1 a 7; el pH no afecta la textura del gel ni el intervalo de sólidos solubles y puede fluctuar entre 0 y 80%, pero la presencia de calcio (40 a 100mg) es el factor predominante en la formación del gel.

2.2.2.3. Propiedades fisicoquímicas de la pectina

- Solubilidad: El agua es el mejor solvente para las pectinas; que también son solubles en formamida, dimetilformamida y glicerina caliente (Acosta 1984, 33). La pectina es insoluble en solventes orgánicos y en soluciones de detergentes cuaternarios, polímeros, proteínas y cationes polivalentes; estos agentes se emplean para precipitar la pectina de las soluciones después de un proceso de hidrólisis por tratamiento de materia prima (Rincón 1990, 45).
- Acidez: Las pectinas son neutras en su estado natural, en solución tienen carácter ácido el cual depende del medio y del grado de esterificación. El pH de las soluciones de pectina varía entre 2,8 y 3,4 como función del grado de esterificación. La pectina tiene una constante de disociación de $0,1 - 10^{-10}$ a 19°C (Cayón 2004, 56).
- Viscosidad: Las pectinas forman soluciones viscosas en agua, esta propiedad depende del grado de polimerización de la pectina, el pH, la temperatura, la concentración y la presencia de electrolitos. En las pectinas con alto grado de esterificación, la viscosidad por efecto de su presencia aumenta el peso molecular, los grupos laterales y la concentración de la pectina en solución. El calcio y otros iones polivalentes aumentan la viscosidad de las soluciones de

pectinas y algunas pectinas de bajo metoxilo pueden gelificar si la concentración de calcio supera un cierto límite (Cayón 2004, 57).

- Poder de gelificación en geles de pectina: Para las pectinas con alto metoxilo, se considera que a un pH de 3,4 por lo menos un 40% de los ésteres metílicos están desesterificados y por lo tanto será difícil lograr la formación de un gel estable con presencia de concentraciones de 65% de azúcares. Un exceso en la concentración del azúcar puede producir cristalización en el almacenamiento. En el caso de las pectinas de bajo metoxilo, los geles son menos rígidos y se pueden trabajar con menos sólidos solubles, no dependen tanto del pH, de hecho se pueden obtener buenos geles entre valores de pH de 2,5 y 6,5, pero requieren calcio en una concentración adecuada que varía entre 0,01 y 0,1% p/p en base húmeda. Una mayor concentración de calcio puede conducir a una sinéresis excesiva. Un gel de pectina puede considerarse como un sistema en el cual el polímero está en una forma entre completamente disuelto y precipitado. Segmentos de la cadena molecular están juntos por cristalización limitada para formar una red tridimensional, en la cual el agua, el azúcar y otros solutos se mantienen (Cayón 2004, 58).

2.2.2.4. Factores de gelificación

- Temperatura: Cuando se enfría una solución caliente que contiene pectina las energías térmicas de las moléculas decrecen y su tendencia a gelificar aumenta. Cualquier sistema que contenga pectina, tiene un límite superior de temperatura por encima de la cual la gelificación nunca ocurrirá. Por debajo de esta temperatura crítica, las pectinas de bajo metóxilo gelifican casi instantáneamente mientras que la gelificación de las de alto metóxilo depende del tiempo (Castañeda 2001, 45).
- pH: La pectina es un ácido con pH aproximado de 3,5; un porcentaje alto de grupos ácidos disociados respecto a los no disociados hace a la pectina más hidrófila, por lo tanto, la tendencia a gelificar aumenta considerablemente al bajar el pH. Esto se hace especialmente evidente en pectinas de alto metoxilo las cuales requieren normalmente un pH por debajo de 3,5 para gelificar (Castañeda 2001, 46).

Trazas de ácido mineral que contaminan las pectinas (derivadas de tratamiento de extracción y purificación) pueden afectar la concentración de

iones hidrógeno en mayor magnitud de lo que afectaría la acidez titulable. La mayor parte de las cenizas que acompañan a las pectinas consisten de carbonatos alcalinos o bases. En general, una alta alcalinidad de cenizas acompaña a una baja acidez y viceversa. Más aún, cuando es tomado en cuenta el pH es notable la relación existente entre las tres propiedades. La alta alcalinidad-baja acidez acompaña a un pH alto, mientras que a una baja alcalinidad-alta acidez lo hace con un pH bajo. Esto es lo que se esperaría si la ceniza alcalina hubiera sido combinada en la pectina con una proporción de los grupos ácidos no esterificados; la relación entre los grupos ácidos libres y combinados gobernarían el pH de la solución en un cierto grado.

El modo de preparación de las pectinas repercute directamente en la alcalinidad de las cenizas. Esto se observa más claramente si se toma en cuenta que cuando las pectinas son extraídas con agua (o con una solución muy débil de ácido) y se utiliza cloruro de sodio en vez de ácido clorhídrico para ayudar a la coagulación durante las últimas etapas de la purificación, la proporción de constituyentes básicos es alta; mientras que cuando la extracción se realiza con una solución fuerte de ácido clorhídrico o se adiciona ácido en alguna etapa de la purificación, la alcalinidad de las cenizas es baja. Esto demuestra que no hay importancia significativa en la proporción de bases metálicas en las pectinas. La proporción encontrada es claramente dependiente de los métodos de extracción y purificación utilizados (Gavino 2014, 52).

2.2.2.5. Aplicaciones de la pectina

- La pectina de alto metoxilo preserva a los productos lácteos de la agregación de caseína cuando se calienta a valores de pH inferiores a 4,3. Este efecto se usa para estabilizar los yogurts líquidos y tratados con UHT y también para mezclas de leche y zumos de fruta. También estabiliza bebidas lácteas acidificadas con soja y productos basados en el trigo, donde evita la precipitación de proteínas (Jordi 1996, 53).
- Las bebidas de bajas calorías son muy claras (de textura) y tienen la falta característica de sensibilidad a la boca que proporciona el azúcar en los refrescos convencionales. Puede usarse pectina para mejorar la textura de

tales productos y, así, reemplazar a la pulpa del fruto en tales productos (Jordi 1996, 53).

- En los sorbetes, helados y polos, la pectina puede usarse para controlar el tamaño del cristal. En los polos retiene los aromas y colores, que normalmente tienden a salir de la estructura del hielo (Jordi 1996, 54).
- La gelatina ha sido la base tradicional y esencial para los postres de jaleas. Se formulan con pectinas amidadas de bajo metoxilo que proporciona la textura y el punto de congelación adecuados (Jordi 1996, 54).
- La acción antidiarréica es la propiedad más universalmente conocida, incluso antes de descubrirse la molécula de pectina. Este efecto se acompaña frecuentemente de una acción antivomitiva, permitiendo a los niños de corta edad asimilar y tolerar mejor los alimentos, en particular leches y productos lácteos, y es, sin duda, consecuencia del papel de protector y regulador del sistema gastrointestinal (Pilnik y Rombouts 1979, 21).
- (Navarro y Navarro 1985, 47), especifica las pectinas de alto metoxilo asociadas a otros principios activos, tienen una gran utilización en los tratamientos de gastritis y úlceras, ya que al ser ingerida cubre las paredes estomacales de una especie de película más o menos gelificada, y la protege de hipersecreciones gástricas y biliares. Su acción en la pared intestinal es análoga; además, se añade una acción desintoxicante, debido al poder adsorbente de la macromolécula péctica, que permite la inhibición de toxinas.

2.2.2.6. Fuentes de pectinas

(Thakur 1997, 47-73), encuentra que las pectinas se encuentran en la mayoría de tejidos vegetales, el número de fuentes comerciales es muy limitado debido principalmente a que la proporción y la capacidad de formar geles varían. En la Tabla 1 se presenta el contenido de sustancias pécticas proveniente de algunos vegetales. Las principales fuentes comerciales de pectinas la conforman la cáscara de cítricos, procedente de la extracción de jugos y el bagazo de manzana (*Malus sylvestris*), obtenido de la elaboración de jugos y sidra, las cuales se caracterizan por un alto grado de polimerización y esterificación, índice de alto poder gelificante. Además, un alto grado de esterificación, mediante el uso de enzimas o tratamientos químicos, permite obtener pectinas comerciales con la proporción de metoxilo deseada. Según (Cheftel y Cheftel 1976, 333), el

contenido de pectinas en cáscara de cítricos se encuentra entre el 20 y 50% expresado en base seca, mientras que en la pulpa de manzana dicho valor oscila entre 10 y 20%.

Tabla N° 1. Contenido de sustancias pécticas en algunos materiales vegetales

FRUTA	SUSTANCIAS PÉCTICAS (g/100g)
Manzana (<i>Malus sylvestris</i>)	0,5-1,6
Pulpa de manzana	1.5- 2,5
Banana (<i>Musa acuminata L</i>)	0,7-1,2
Pulpa de remolacha (<i>Beta vulgaris</i>)	1,0
Zanahoria (<i>Daucus Carota</i>)	0,2- 0,5
Guayaba (<i>Psidium guajava L.</i>)	0,77-0,99
Pulpa de limón (<i>Citrus limon</i>)	2,5-4,0
Mango (<i>Manguifera indicaL.</i>)	0,26-0,42
Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis L</i>)	3,5-5,5

Fuente: Thakur, 1997.

Los desechos de cítricos representan la mayor fuente comercial de pectinas. La tecnología moderna ha permitido incorporar maquinaria avanzada en la producción de jugos y esta situación ha sido aprovechada por la industria de la pectina para obtener materiales relativamente libres de materias extrañas, como por ejemplo, el core y la piel de cítricos separados de los sacos de jugos y semillas. (Francis y Bell 1975, 25-44), demostró en estudios realizados el potencial péptico de diferentes fuentes cítricas, las cuales ordenadas en forma descendente serían: cáscara de lima (*Citrus aurantifolia*), cores de grapefruit (*Citrus paradise*), cores de naranja (*Citrus sinensis*), piel de limón (*Citrus limón*) y piel de grapefruit y naranja. El bagazo de manzana es también usado ampliamente en la manufactura de pectina líquida, principalmente en Europa Occidental.

2.2.2.7. Métodos de extracción

Aunque existen diferentes técnicas para la extracción de pectina a partir de tejidos vegetales, en las cuales pueden utilizarse procedimientos físico-químicos, o enzimáticos. Según (Contreras y Romero 1997) a escala industrial el más utilizado es la hidrólisis ácida con la finalidad de obtener un mayor rendimiento durante la extracción de sustancias pécticas, comúnmente se realizan pre-tratamientos al material vegetal para facilitar la extracción. Es imposible extraer

pectina libre del tejido vegetal, porque existe en una forma insoluble conocida como protopectina.

a) Extracción de pectinas por el método convencional o hidrólisis ácida:

Según (Aza 2011) , la extracción de pectinas por métodos convencionales se lleva a cabo a temperaturas cerca de los 90°C por al menos una hora. Las pectinas continuamente se extraen y separan de los desechos de diversos frutos mediante acidificación. Comercialmente usando ácidos como el cítrico, clorhídrico, fosfórico, nítrico o sulfúrico, se obtienen pectinas a altas temperaturas para hidrolizar la protopectina. Después de concentrarlas, se precipita la pectina con la adición de alcohol, se seca, se granula y por último se tamiza. La extracción en soluciones acuosas ácidas no sensibles al calcio es apta para obtener pectinas. Y para obtener la pectina restante, cuando son sensibles al calcio, se realiza otra extracción con ácidos fuertes. También puede darse la extracción con soluciones neutras o básicas, pero no se conoce con certeza la concentración ideal con alcohol para su precipitación.

b) Extracción de pectina por métodos fisicoquímicos:

Este método empleado por (Contreras y Romero 1997, 208–216), realizaron dos métodos para extraer la protopectina de las plantas, uno es usando un agente quelante para remover los cationes que constituyen a los ácidos pécticos, y el otro mediante el uso de ácidos para romper los puentes de hidrógeno entre la celulosa y los ácidos pécticos. El rendimiento de pectina también depende de las condiciones de operación como la temperatura, el tiempo de extracción, el pH, los tipos de solventes de extracción usados y el uso de agentes quelantes adicionados, como es el caso del ácido etilendiamino tetraacético (EDTA) y del ácido ciclo hexanodiamino tetraacético (CDTA) para ayudar a liberar pectina de la pared celular.

c) Extracción de pectinas asistida por microondas:

Las condiciones de extracción empleadas en el método convencional provocan la degradación térmica de proteínas, lo cual genera pérdidas de cantidad y calidad de la pectina extraída. Debido a esto, se han establecido

nuevos métodos en donde la pectina puede extraerse en menores tiempos y con mejor calidad y rendimiento. Tal es el caso de la extracción asistida con microondas, que ha mostrado obtener mayor rendimiento y calidad de pectinas en menor tiempo. De acuerdo (Contreras y Romero 1997) y varios autores han reportado que el pretratamiento del material vegetal con calentamiento con microondas permite incrementar el rendimiento de pectina durante su extracción.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Pectina

El término “pectina” definido por (Ridley y O’Neill 2001, 929-967) es algo engañoso porque llamarlo así supone una molécula, de hecho, pectina describe una familia de oligosacáridos y polisacáridos que tienen características comunes, pero son extremadamente diversas en sus estructuras finas.

2.3.2. Grado de metoxilación

Se le conoce como una parte de la estructura de la pectina se encuentran los grupos carboxilos, los cuales son esterificados por radicales metilo, a éstos se los conoce como metilación de una pectina (Vélez 2013, 1).

2.3.3. Extracción de pectina

De acuerdo por (Contreras y Romero 1997, 208–216), el proceso de extracción de pectina se desarrolla básicamente en dos fases, la despolimerización de la protopectina para transformarla en pectina y la difusión de la pectina solubilizada desde la matriz del tejido vegetal hacia la solución extractante. Paralelamente una fracción de la pectina solubilizada se degrada en componentes de menor peso molecular afectando negativamente tanto el rendimiento como las propiedades gelificantes del producto.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de estudio

3.1.1. De acuerdo al fin que se persigue: Aplicada.

3.1.2. De acuerdo al enfoque de investigación: Experimental.

3.2. Población, muestra y muestreo.

3.2.1. Población

La población la conformaron los frutos procedentes de plantaciones de cacao criollo cultivados en la zona de Papayal, Región Tumbes.

3.2.2. Muestra

Se seleccionó al azar 50 kilogramos de frutos de cacao recolectados de las plantaciones por los productores de la zona de estudio, de mazorcas en estado de madurez fisiológica que presentaron regular tamaño y apariencia para el rendimiento esperado. Los frutos seleccionados se colocaron en sacos y baldes de plástico y se transportaron hasta los laboratorios de la Universidad Nacional de Tumbes.

Después del proceso de despulpado, cortado, deshidratado y molido se obtuvo una submuestra de 20 gramos para el análisis de cada ácido.

3.3. Materiales y métodos

3.3.1. Materiales

3.3.1.1. Materia prima

Cáscara de cacao.

3.3.1.2. Equipos y materiales

Potenciómetro Multi 3630 IDS, balanza analítica modelo ABK-210, centrífuga modelo 0412-1, incubadora Memmert SN55, mufla ThermConcept Lac, agitador Velp Scientifica, barras magnéticas, autoclave, cocina, pipeta 10 ml, termómetro, buretas 50 ml, matraz 50-500 ml, papel filtro, vaso de precipitación 200-500 ml, crisol, cuchillos, tablas, ollas de acero, placas petri, fuentes.

3.3.1.3. Reactivos

Agua esterilizada, alcohol etílico comercial, ácido, hidróxido de sodio, ácido cítrico, ácido oxálico, ácido acético, ácido láctico, tolueno, rojo fenol, fenolftaleína.

3.3.2. Métodos

3.3.2.1. Lugar de ubicación

El desarrollo de esta investigación se realizó en el laboratorio de Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Tumbes, situado en el distrito de Tumbes, provincia de Tumbes, Región Tumbes.

3.3.2.2. Flujoograma de la extracción de la cáscara de cacao

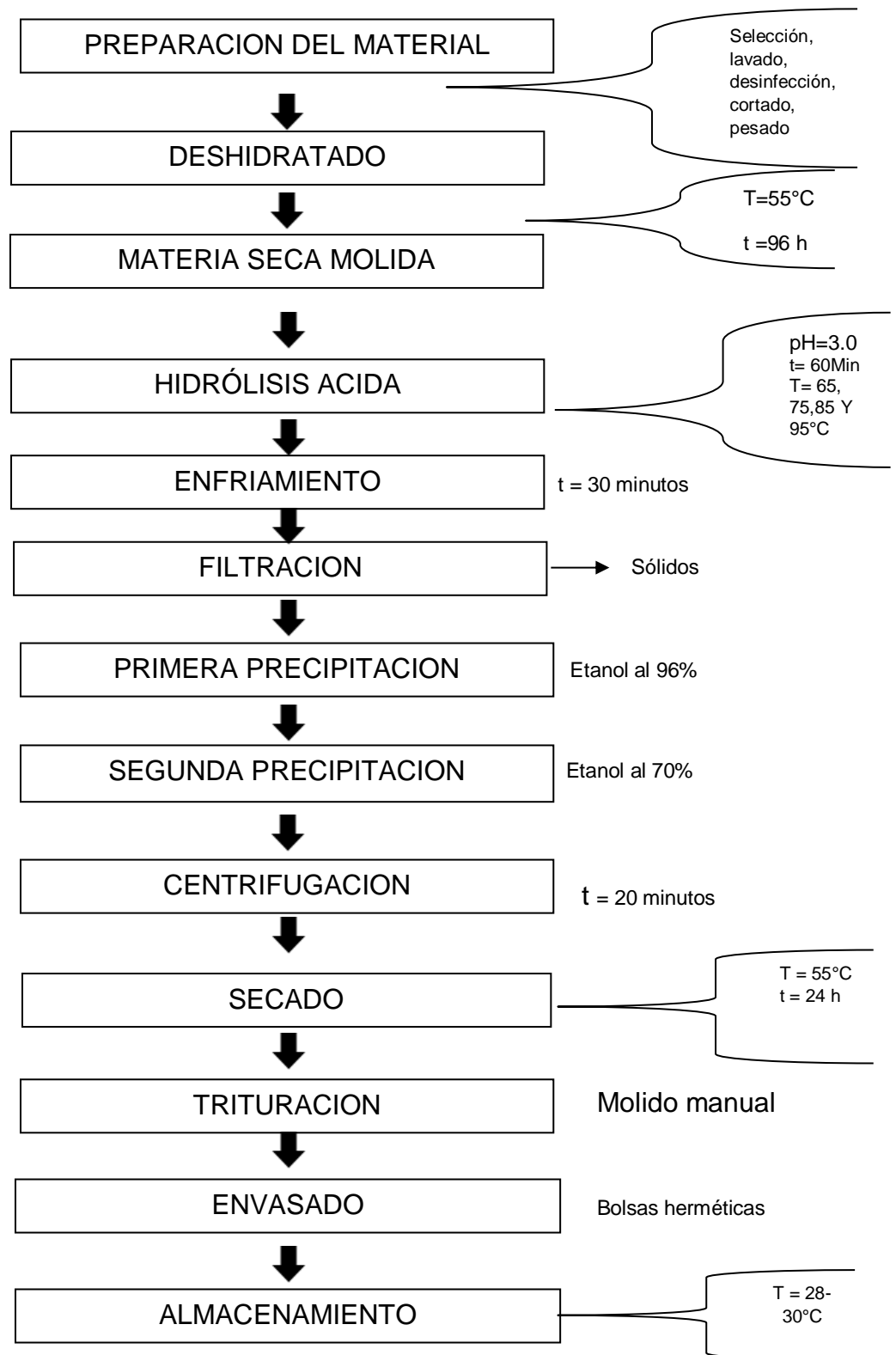


Figura N°. 1 Flujoograma de extracción de la cáscara de cacao

3.3.2.3. Procedimiento del desarrollo experimental

a) Preparación del material

Las mazorcas de cacao procedentes del campo, fueron sometidas a:

b) Selección

Las mazorcas fueron seleccionadas considerando que no presenten defectos por maltrato, cortes inadecuados y plagas.

c) Lavado y desinfección

Las mazorcas de cacao serán lavadas con agua potable, se desinfectarán con agua clorada utilizando 100 ppm de cloro y posteriormente enjuagadas con agua potable.

d) Pesado

Una vez seleccionadas las mazorcas, se determinará el peso de la mazorca entera de cacao y de cada una de sus partes constitutivas: cáscara, almendras mucilaginosas y placenta, respectivamente. Para lo cual se utilizará una balanza con capacidad de 30 kg.

e) Corte

Para el corte de las mazorcas de cacao se empleó un cuchillo de acero inoxidable. Se realizaron dos tipos de corte: transversal y longitudinal.

f) Pesado preparación del material

Una vez separada la cascara de la placenta se corresponde a pesar las partes constituidas de la cascara de cacao, respectivamente se utilizará una balanza analítica que determinara el peso de trabajo. Se pesan 250 gramos de material sólido en una báscula, se lavó con agua para eliminar excesos de suciedad, y luego se cortó en trozos pequeños para el proceso de deshidratación.

g) Deshidratación

Los trozos pequeños, se deshidrataron a 55°C durante 96 horas en una estufa posteriormente empleamos un molino manual y el producto final se colocó en envases de plástico que fueron sellados y almacenados a temperatura ambiente para su uso posterior.

h) Ajuste de pH

Se ajusta el pH a 3,0 debido a que es un nivel establecido por diferentes autores se determina empleando un medidor de pH digital y los diferentes tipos de ácidos.

i) Hidrólisis ácida

Una vez fijado el pH, el polvo de la cascara de cacao se somete a un proceso de hidrólisis ácida a diferentes temperaturas empleando una cocina. Una vez cumplido el tiempo (60 minutos) de extracción se introdujo el beaker con la mezcla en agua fría cortando rápidamente la reacción evitando sobrepasar el tiempo establecido para la misma.

j) Enfriamiento

Luego de transcurrido el tiempo de hidrólisis ácida, se enfrió la mezcla para minimizar la degradación de la pectina por el calor.

k) Filtración

La mezcla hidrolizada se filtra 2 o 3 veces empleando una tela fina, separando el material sólido de la fase líquida en la cual se encontraba disuelta la pectina.

l) Primera precipitación

La fase acuosa resultante de proceso de filtrado se precipita utilizando etanol comercial al 96%. La cantidad empleada de este último corresponde al 80% del volumen de filtrado obtenido, el cual fue, en promedio, de 400 ml.

m) Segunda precipitación

En la segunda precipitación utilizamos etanol a 70% para eliminar algunas impurezas que lograron pasar en la primera precipitación.

n) Centrifugación

Se separa la pectina precipitada utilizando un centrifuga con 4000 rpm por 20 minutos. Luego de la separación se obtiene la pectina (húmeda) y una mezcla etanol-agua. Con el fin de eliminar impurezas y trazas de ácidos que afecten la solubilidad y el aspecto de la pectina, se llevó a cabo un proceso de purificación. El proceso consta de los siguientes pasos:

- ✓ En la segunda precipitación utilizamos etanol a 70% para eliminar algunas impurezas que lograron pasar en la primera precipitación.
- ✓ Se centrifuga y recupera el sobrenadante en el cual se encuentra disuelta la pectina.

o) Secado

La pectina se seca en una estufa a una temperatura de 55°C por 8 horas. Luego se esparció de manera uniforme sobre una fuente acrílico previamente pesado con el fin de determinar la cantidad de pectina obtenida mediante la diferencia entre el peso final e inicial.

p) Trituración

Una vez seca la pectina se procedió a la trituración, la cual se realizó en forma manual en crisoles hasta su pulverización total, la cual se consiguió usando un tamiz.

q) Envasado

Se realizó en bolsas de cierre hermético para garantizar su estabilidad.

r) Almacenamiento

La pectina empacada se llevó a almacenar en un lugar seco y fresco a temperatura ambiente (28-30 °C).

3.3.2.4. Elaboración de una mermelada de fresa elaborada con pectina extraída de cáscara de cacao.

Se elaboró una mermelada de fresa que cumpliera con los requisitos establecidos por una pectina comercial según las especificaciones de la FAO sobre mermeladas y jaleas de frutas: un mínimo de 65 °Brix, pH entre 3,0 y 3,3 y una acidez máxima de 1,0%. Para la elaboración se proporcionó para obtener 100 gr. de mermelada: fruta 50%, azúcar 45%, pectina 0,50%, agua 4,50%, ácido cítrico 0,05%.

La mermelada se preparó según el siguiente procedimiento: se calentó la pulpa con agua y agitación constante hasta que alcanzó una temperatura entre 71 °C a 82 °C, se añadió lentamente la pectina mezclada con una cantidad de azúcar de 5 a 8 veces el peso de pectina. La mezcla se siguió calentando hasta que hirvió y se añadió lentamente el resto del azúcar.

Una vez disuelta el azúcar, se siguió el calentamiento hasta la temperatura de 106 °C, se añadió el ácido cítrico, se mantuvo el calentamiento por 5 minutos, se envasó la mezcla en caliente en recipientes de plástico y se tapó.

3.3.2.5. Análisis fisicoquímico

a) Determinación de la humedad

Método por secado en estufa: Este método se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua (UNAM 2008).

- Pérdida de peso, por la estufa, medir la masa de la placa petri (tara) considerando la calibración de la balanza analítica.

- Agregar la muestra con la espátula con mucho cuidado y medir la cantidad de pectina de 0.5 g.
- Colocar la muestra en la estufa por 4 horas y a 105° C.
- Enfriar en el desecador por 25 minutos.
- Pesar, anotar y repetir el mismo procedimiento para el segundo análisis.
- Reemplazar en la fórmula los datos sacados para encontrar el porcentaje de humedad.

Fórmula:

$$H \% = \frac{(B - A) - (C - A)}{(B - A)} \times 100$$

A: peso de capsula seca limpia.

B: peso capsula + muestra húmeda.

C: peso capsula + muestra seca.

b) Método cenizas totales (calcinación)

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Las cenizas normalmente, no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes (UNAM 2008).

Procedimiento:

1. Determinar la masa del crisol en balanza analítica con aproximación de miligramos. Registrar el dato como A.
2. Tomar una muestra representativa de 0.5 gramos previamente secada y determinar la masa del crisol con la muestra en balanza analítica con aproximación a miligramos. Registrar el dato como B.
3. Incinere la muestra utilizando un mechero hasta que no emita humo y las paredes del crisol estén blancas.
4. Introducir el crisol, con la muestra calcinada, a la mufla a 550°C ± 25°C aproximadamente, durante una hora; extraer el crisol de la mufla e introducirlo a una estufa a 600 °C, durante 4 horas. Pasar el crisol al desecador y dejar enfriar hasta temperatura ambiente.

5. Determinar el peso del crisol y del espécimen calcinado en balanza analítica con aproximación de miligramos. Registrar el valor como C.

Fórmula:
$$\text{Cenizas \%} = \frac{C - A}{B - A} \times 100$$

Dónde:

A= masa del crisol vacío en gramos

B= masa del crisol y la muestra seca en gramos

C= masa del crisol y la muestra calcinada en gramos

c) Rendimiento

(McCready 1970), Se pesa la pectina extraída y se relacionó con el peso inicial de cáscara seca.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{masa final (g)}}{\text{masa inicial (g)}} \times 100$$

d) Peso equivalente.

Se desarrollara la metodología recomendada por (McCready 1970), se pesó 0,5 g de pectina y se humedeció con 5 ml de etanol absoluto, se agregó 100 ml de agua destilada libre de CO₂ tapar y agitar hasta que la pectina este completamente disuelta. Se agregó 6 gotas de rojo de fenol y después de mezclar bien, la dispersión se titula con NaOH 0,1N hasta el cambio de color del indicador alcanzar pH de 7,5 empleando un potenciómetro y la solución final (neutra). Los resultados se expresan como gramos de pectina por equivalente de H⁺ y fueron calculados por la expresión siguiente.

$$PE = \frac{PM \times 1000}{Vol \times N}$$

Donde:

PE: Peso equivalente (g/equivalente de H⁺)

PM: Peso de la muestra (g)

Vol: Volumen de NaOH gastado (ml) N: Normalidad del NaOH (≈0,1)

e) Contenido de metoxilo.

Se aplicó el método de (McCready 1970), Se pesó 0,5 g de pectina en un matraz de 250 ml y humedecer con 5 ml de alcohol absoluto. Agregar 100 ml de agua libre de dióxido de carbono, tapar y agitar hasta la pectina está completamente disuelta. Agregar 6 gotas de fenolftaleína y titular con una solución de hidróxido de sodio 0.5 N. Agregar exactamente 25 ml de hidróxido de sodio 0,5 N. Tapar, agitar y dejar reposar 30 minutos. Luego agregar exactamente 25 ml de ácido cítrico 0,5 N y agitar hasta que desaparezca el color rosado. Agregar 3 gotas de fenolftaleína y valorar con solución de hidróxido de sodio 0,5 N hasta pH 7,5 usando un potenciómetro hasta obtener una coloración rosada débil que persista después de agitar fuertemente la mezcla, anotar el valor de saponificación. Cada mililitro de hidróxido de sodio consumido es equivalente a 15,52 mg de grupos metoxilos (-OCH₃). Calculo de metóxilo en el anexo 3.

f) Grado de esterificación.

Se utiliza la metodología indicada por (Dastur 1966) basada en la saponificación de los grupos metoxilos presentes en la pectina. A la solución neutralizada, según procedimiento de determinación del peso equivalente, se añaden 25 ml de solución de NaOH 0,25N, se mezcla y se deja en reposo por 30 min a temperatura ambiente. Se le agrega 10 ml de solución de ácido cítrico 0,25N y se mezcla. Agregar 3 gotas de fenolftaleína y finalmente, se titula con una solución de NaOH 0,25 N hasta pH 8,0 usando un potenciómetro.

$$GE = \frac{[Vol_1 \times N_1 \times (Vol_2 \times N_3)] \times 3,1}{PM}$$

Donde:

CM: Contenido de metoxilo expresado en gramos por peso de la muestra.

Vol1: Volumen de NaOH gastado durante la titulación expresado en mililitros.

PM: Peso de la muestra de pectina en gramos.

N1: Normalidad del NaOH utilizado durante la titulación.

N2: Normalidad del NaOH utilizado durante la saponificación (≈0,25).

N3: Normalidad del ácido cítrico (≈0,25).

g) Contenido de AGA.

Se aplicó el método de (McCready 1970) de la siguiente forma: se pesaron 0,5 g de pectina seca en un matraz de 250 ml luego humedecer con 5 ml de alcohol absoluto hasta que se disuelva por completo, se ajustó el pH a 11,5 con NaOH 0,5 N. Se agregó 6 gotas de rojo de fenol y se dejó en reposo durante 40 min agitando y a temperatura ambiente. Se ajustó el pH a 5,0 – 5,5 con ácido cítrico 1N, se mezcló bien, se adicionaron 5 gotas de fenolftaleína y se dejó en reposo toda la noche. Al día siguiente, se llevó a valorar con solución de hidróxido de sodio NaOH 0,5 N. A la solución resultante se le determinó el contenido de AGA. Se muestran los volúmenes obtenidos en la valoración de pectina y se describe en el anexo 3. Cada mililitro de solución de hidróxido de sodio utilizado en la valoración total, grupos metoxilos equivalente a 97,07 mg de ácido galacturónico ($C_6H_{10}O_7$).

h) Grado de gelificación.

Se aplicó el método de (Salazar 1987) expresada como la cantidad de azúcar (sacarosa) que gelificará una parte de pectina para obtener una firmeza dada bajo condiciones establecidas de pH= 3,2 – 3,5. Para esta prueba, se preparó una escala entre 0,4 a 1,4 g de pectina, éstas se incluyen a vasos de precipitación de 200 ml. de capacidad, luego se adiciona a cada vaso 50 ml de agua destilada y se lleva a ebullición hasta la disolución completa de la pectina, luego se agrega 100 g de azúcar blanca se diluye completamente y se agrega agua hasta peso de 150 g, finalmente se adiciona ácido cítrico hasta obtener el pH adecuado (3,2 – 3,5), estos geles se dejan reposar por 24 horas y luego se procede a desmoldar evaluándose las características de cada uno de ellos en forma visual para calcular el grado de gelificación. Se elige el gel que presenta las características más apropiadas y se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Grado de Gelificación} = \frac{\text{g. de sacarosa}}{\text{g. de pectina usada}}$$

3.4. Análisis estadístico.

Se aplicó diseño factorial de dos factores con dos niveles; producto de las combinaciones se obtuvo 16 tratamientos con 3 repeticiones cada uno dando 48 unidades experimentales y un análisis de varianza (ANOVA) con el fin de determinar el efecto de las dos variables: tipo de ácido (ácido láctico, ácido oxálico, ácido cítrico y ácido acético) y la temperatura de extracción (65°C, 75°C, 85°C, 95°C) con valores de tiempo de hidrólisis (60 minutos y a pH 3,0), para estudiar el rendimiento de extracción, humedad, cenizas, peso equivalente, contenido de metóxilo, contenido de esterificación, contenido de AGA y grado de gelificación. Para determinar los efectos entre niveles y tratamientos se utilizó la prueba de Tukey para identificar diferencias entre medias y la desviación estándar de los resultados, el nivel de significación (α) utilizado fue de (0,01). Todos los resultados se presentan en el Anexo N° 2: Valores promedio del análisis fisicoquímico.

Cuadro N° 2. Esquema del análisis de varianza

FV	SC	GL	CM	Fo	Prob	F 5%	Signif.
FACTOR A	SCA	a - 1	CMA	CMA/CME			Sig
FACTOR B	SCB	b - 1	CMB	CMB/CME			Ns
A X B	SC(AB)	(a - 1) (b - 1)	CM(AB)	CM(AB)/CME			
Error	SCE	ab(r - 1)	CME				
Total	SCT	abr - 1	CMT				

- Fuente de Variación (FV)
- Factores de estudio:
 - Factor A: tipo de ácido
 - Factor B: temperatura de extracción
- Interacción: Factor AXB: tipo de ácido x temperatura de extracción.
- Descomposición de la variabilidad:
 - Suma de Cuadrado Total (SCT)= SCA + SCB + SC (AB) + SCE
- Niveles

Factor A: Tipo de ácido	Factor B: Temperatura
a ₁ : Ácido láctico	b ₁ : 65°C
a ₂ : Ácido oxálico	b ₂ : 75°C
a ₃ : Ácido cítrico	b ₃ : 85°C
a ₄ : Ácido acético	b ₄ : 95°C

- Número de repeticiones: $r=3$
- Número de tratamientos: $ab = 16$ ($a=4$ y $b=4$)
- Número de unidades experimentales: 48 (abr)
- Grados de libertad (GL)
- Cuadrado medio (CM)
- Para tomar la decisión respecto a una hipótesis nula se debe tener en cuenta la siguiente regla:
 - ✓ Si $F_0 \leq F_{\text{tab}, 5\%}$ = se acerca a la hipótesis nula (ns)
 - ✓ Si $F_0 > F_{\text{tab}, 5\%}$ = se rechaza la hipótesis nula (sig)
- Cuando se usa un software en un procedimiento de prueba de hipótesis, dicho software genera una probabilidad (Prob); entonces:
 - ✓ Si $p > 0,05\%$ = se acepta la hipótesis nula (ns) no significativa que todas las medias son iguales.
 - ✓ Si $p \leq 0,05\%$ = se rechaza la hipótesis nula (* significativa) por lo menos un media es diferente.

Tabla N° 2. . Descripción de Tratamientos

TRATAMIENTO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
T ₁	a ₁ x b ₁	ácido láctico x 65°C
T ₂	a ₁ x b ₂	ácido láctico x 75°C
T ₃	a ₁ x b ₃	ácido láctico x 85°C
T ₄	a ₁ x b ₄	ácido láctico x 95°C
T ₅	a ₂ x b ₁	ácido oxálico x 65°C
T ₆	a ₂ x b ₂	ácido oxálico x 75°C
T ₇	a ₂ x b ₃	ácido oxálico x 85°C
T ₈	a ₂ x b ₄	ácido oxálico x 95°C
T ₉	a ₃ x b ₁	ácido cítrico x 65°C
T ₁₀	a ₃ x b ₂	ácido cítrico x 75°C
T ₁₁	a ₃ x b ₃	ácido cítrico x 85°C
T ₁₂	a ₃ x b ₄	ácido cítrico x 95°C
T ₁₃	a ₄ x b ₁	ácido acético x 65°C
T ₁₄	a ₄ x b ₂	ácido acético x 75°C
T ₁₅	a ₄ x b ₃	ácido acético x 85°C
T ₁₆	a ₄ x b ₄	ácido acético x 95°C

Tabla N° 3. Diferencias entre medias y la desviación estándar

Factor A: tipo de ácido	Factor B: temperatura (°C)			
	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄
a ₁	a ₁ x b ₁	a ₁ x b ₂	a ₁ x b ₃	a ₁ x b ₄
	a ₁ x b ₁	a ₁ x b ₂	a ₁ x b ₃	a ₁ x b ₄
	a ₁ x b ₁	a ₁ x b ₂	a ₁ x b ₃	a ₁ x b ₄
a ₂	a ₂ x b ₁	a ₂ x b ₂	a ₂ x b ₃	a ₂ x b ₄
	a ₂ x b ₁	a ₂ x b ₂	a ₂ x b ₃	a ₂ x b ₄
	a ₂ x b ₁	a ₂ x b ₂	a ₂ x b ₃	a ₂ x b ₄
a ₃	a ₃ x b ₁	a ₃ x b ₂	a ₃ x b ₃	a ₃ x b ₄
	a ₃ x b ₁	a ₃ x b ₂	a ₃ x b ₃	a ₃ x b ₄
	a ₃ x b ₁	a ₃ x b ₂	a ₃ x b ₃	a ₃ x b ₄
a ₄	a ₄ x b ₁	a ₄ x b ₂	a ₄ x b ₃	a ₄ x b ₄
	a ₄ x b ₁	a ₄ x b ₂	a ₄ x b ₃	a ₄ x b ₄
	a ₄ x b ₁	a ₄ x b ₂	a ₄ x b ₃	a ₄ x b ₄

4. RESULTADOS

4.1. Análisis de porcentaje (%) rendimiento.

En cuanto a los resultados obtenidos del análisis de varianza que representa el porcentaje de rendimiento en la extracción de pectina comparando con los valores de Fisher tabular, correspondiente a un nivel de significación del 5% se observa que en el Factor A (ácido) existe diferencia significativa. En cuanto al Factor B (temperatura), las interacciones (A*B), presentan diferencia significativa, por lo se aplicó la prueba de Tukey con margen de error del 1%.

Cuadro N° 3. Análisis de varianza para el rendimiento

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>Fo</i>	<i>Prob</i>	<i>F 5%</i>	<i>Significancia</i>
Ácido	267,54	3	89,18	68,04	$5,59 \times 10^{-14}$	2,9	sig.
Temperatura	465,99	3	155,33	118,5	$2,07 \times 10^{-17}$	2,9	sig.
Ácido x Temperatura	812,43	9	90,27	68,87	$2,14 \times 10^{-18}$	2,19	sig.
Error	41,946	32	1,3108				
Total	1587,9	47					

- ✓ Fuente de Variación (FV)
- ✓ Suma de Cuadrado (SC)
- ✓ Grados de libertad (GL)
- ✓ Cuadrado medio (CM)
- ✓ Valores de Fisher Tabular (F5%)
- ✓ Significancia: no significativa (ns) y significativa (sig)

Se observa en que los ácidos oxálico, láctico y cítrico son significativamente iguales ocupando el primer orden con rendimientos promedios de 17,64%; 17,35% y 16,17% respectivamente; así mismo observamos que el ácido acético es significativamente a los demás ácidos ocupando el segundo orden con el rendimiento promedio de 11,75 %.

La prueba de Tukey nos indica que la temperatura de 75°C es significativamente diferente a las demás, ocupando el primer orden con rendimiento promedio de 20,59% seguido de las temperaturas 65°C y 85°C con rendimientos promedios de 15,68% y 14,67%.

Cuadro N° 4. Prueba de rango de Tukey para rendimiento según factor A (Ácido) y factor B (Temperatura)

Códigos	Tipo Ácidos	Rend %. Prom.	Tukey 1%	Código	Temperatura °C	Rend %. Prom.	Tukey 1%
A2	Oxálico	17,64	a	T4	75	20,59	a
A1	Láctico	17,35	a	T3	65	15,68	b
A3	Cítrico	16,17	a	T2	85	14,67	b
A4	Acético	11,75	b	T1	95	11,98	c

Al realizar la Prueba de Tukey 1% para la interacciones A*B (ácido* temperatura) se aprecia que para el ácido láctico observamos que existen diferencia significativa entre las temperaturas, obteniéndose de mayor rendimiento de extracción de pectina a la temperatura de 95°C con un promedio de 29,69 % seguido de las temperaturas de 85,75 y 65 °C con rendimientos de 20,31%, 14,02% y 5,38% respectivamente.

Para el ácido cítrico se observa que a temperatura de 65°C se obtiene el mayor rendimiento de la extracción de pectina con 19,39% seguido de 95,85 y 75 °C con rendimientos de 16,51%; 16,47% mientras que a temperatura de 75°C solo se obtiene un rendimiento de 12,3%.

Cuadro N° 5. Prueba de rango de Tukey para rendimiento según factor AxB (ácido* temperatura)

AC. LÁCTICO			ÁCIDO OXÁLICO			ÁCIDO CÍTRICO			ÁCIDO ACÉTICO		
Temp.°C	Prom. %	Tukey	Temp.°C	Prom. %	Tukey	Temp.°C	Prom. %	Tukey	Temp.°C	Prom. %	Tukey
95	29,69	a	95	23,04	a	65	19,39	a	95	13,1	a
85	20,31	b	75	21,1	a	95	16,51	b	85	11,7	a
75	14,02	c	85	14,25	b	85	16,47	c	75	11,25	a
65	5,38	d	65	12,17	b	75	12,3	d	65	10,97	a

4.2. Análisis de porcentaje (%) de humedad.

En cuanto a los resultados obtenidos del análisis de varianza que representa el porcentaje de humedad en la extracción de pectina comparando con los valores de Fisher tabular, correspondiente a un nivel de significación del 5% se observa

que el Factor A (tipos de ácidos) no existe diferencia significativa. En cuanto Factor B (temperaturas), las interacciones A*B, no presentan diferencia significativa.

Cuadro N° 6. Análisis de varianza para humedad

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>Fo</i>	<i>Prob</i>	<i>F 5%</i>	<i>Significancia</i>
Ácido	156,75	3	52,25	2,51	0,07	2,901	ns
Temperatura	115,46	3	38,49	1,84	0,15	2,901	ns
Ácido x Temp	117,21	9	13,02	0,62	0,76	2,189	ns
Error	666	32	20,81				
Total	1055,4	47					

- ✓ Fuente de Variación (FV)
- ✓ Suma de Cuadrado (SC)
- ✓ Grados de libertad (GL)
- ✓ Cuadrado medio (CM)
- ✓ Valores de Fisher Tabular (F5%)
- ✓ Significancia: no significativa (ns) y significativa (sig)

4.3. Análisis de porcentaje (%) de cenizas.

En cuanto a los resultados del análisis de varianza del porcentaje de cenizas en la extracción de pectina comparando con los valores de Fisher Tabular, correspondiente a un nivel de significación del 5% se observa que el Factor A (ácido) existe diferencia significativa. En cuanto Factor B (temperatura), las interacciones (A*B), presentan diferencia significativa, por lo se aplicó la prueba de Tukey con un margen de error del 1%.

Cuadro N° 7. Análisis de varianza para cenizas

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>Fo</i>	<i>Prob</i>	<i>F 5%</i>	<i>Significancia</i>
Ácido	0,99	3	0,3307	6,95	0,0009	2,90	Sig
Temperatura	0,77	3	0,2555	5,37	0,0041	2,90	Sig
Ácido x Temperatura	9,23	9	1,032	21,68	$3,25 \times 10^{-19}$	2,19	Sig
Error	1,52	32	0,0476				
Total	12,57	47					

- ✓ Fuente de Variación (FV)
- ✓ Suma de Cuadrado (SC)
- ✓ Grados de libertad (GL)
- ✓ Cuadrado medio (CM)
- ✓ Valores de Fisher Tabular (F5%)
- ✓ Significancia: no significativa (ns) y significativa (sig)

Se observa en que los ácidos láctico, acético y cítrico son significativamente iguales ocupando el primer orden con ceniza promedios de 1,08%; 1,08% y 0,93% respectivamente, así mismo observamos que el ácido oxálico es significativamente igual al ácido cítrico y diferente a los demás ácidos ocupando el segundo orden con un 0,73% de ceniza.

La prueba de Tukey nos indica que la temperatura de 65°C, 95°C y 85°C son significativamente iguales, ocupando el primer orden de ceniza con un promedio de 1,07%; 1,03% y 0,99%, así mismo se observa que la temperatura 75°C es significativamente diferente a la temperatura de 65°C y significativamente igual a las temperatura 85°C y 95°C con un promedio de 0,74%.

Cuadro N° 8. Prueba de rango de Tukey para ceniza según factor A (Ácido) y factor B (Temperatura)

Códigos	Tipo Ácidos	Cenizas % Prom.	Tukey 1%	Códigos	Temperatura °C	Cenizas % Prom.	Tukey 1%
A1	Láctico	1.08	a	T1	65	1.07	a
A4	Acético	1.08	a	T4	95	1.03	ab
A3	Cítrico	0.93	ab	T3	85	0.99	ab
A2	Oxálico	0.73	b	T2	75	0.74	b

Al realizar la Prueba de Tukey 1% para la interacciones A*B (ácido* temperatura) se aprecia que para el ácido acético observamos que existen diferencia significativa entre las temperaturas, obteniéndose de mayor ceniza de la extracción de pectina a la temperatura de 95°C con un promedio de 1,85% seguido de las temperaturas de 85°C, 75 °C con rendimientos de 1,38%; 0,55% y a su vez se obtiene a temperatura de 75°C un menor de ceniza con un promedio de 0,25% respectivamente.

Cuadro N° 9. Prueba de rango de Tukey para ceniza según factor AxB (ácido* temperatura)

AC. LÁCTICO			ÁCIDO OXÁLICO			ÁCIDO CÍTRICO			ÁCIDO ACÉTICO		
Tem p. °C	Prom. %	Tu key	Temp. ° C	Prom.%	Tukey	Temp. °C	Prom. %	Tukey	Temp. ° C	Prom. %	Tu key
95	1,59	a	65	0,90	a	75	1,63	a	95	1,85	a
85	1,52	a	95	0,87	a	65	0,93	b	85	1,38	ab
75	0,86	b	75	0,74	a	85	0,62	b	75	0,85	b
65	0,35	b	85	0,43	a	95	0,53	b	65	0,25	c

4.4. Análisis de peso equivalente (g/equivalente H^+).

Los resultados obtenidos del análisis de varianza que representa el porcentaje de peso equivalente en la extracción de pectina comparando con los valores de Fisher tabular, correspondiente a un nivel de significación del 5% se observa que el Factor A (ácido) existe diferencia significativa. En cuanto al Factor B (temperatura), las interacciones (A*B), presentan diferencia significativa, por lo se aplicó la prueba de Tukey con un margen de error del 1%.

Cuadro N° 10. Análisis de varianza para peso equivalente (g/equivalente H^+)

FV	SC	GL	CM	F_o	Prob	F 5%	Signif.
Ácido	631 679,6	3	210 559,85	64,643	$1,13 \times 10^{-13}$	2,90112	Sig
Temperatura	2 994 268	3	998 089,2	306,42	$1,22 \times 10^{-23}$	2,90112	Sig
Ácido x Temperatura	385 909,2	9	42 878,8	13,164	$1,78 \times 10^{-08}$	2,18877	Sig
Error	104 232	32	3 257,25				
Total	4 116 088	47					

- ✓ Fuente de Variación (FV)
- ✓ Suma de Cuadrado (SC)
- ✓ Grados de libertad (GL)
- ✓ Cuadrado medio (CM)
- ✓ Valores de Fisher Tabular (F5%)
- ✓ Significancia: no significativa (ns) y significativa (sig)

Se observa en que la temperatura 95 °C es significativamente diferente con promedio de peso equivalente 2 165,28. Asimismo, se observa que las temperaturas 85°C y 75°C no ay diferencia significativa con promedio de peso equivalente de 1 754,83 y 1 698 y a su vez la temperatura de 75°C y 65°C son significativamente iguales ocupando el tercer orden.

La prueba de Tukey nos indica que los 4 ácidos son significativamente diferentes: el ácido cítrico ocupando el primer orden con un promedio de 1 945,14 g/equivalente H^+ el ácido acético en segundo orden con un promedio de 1 799,15 g/equivalente H^+ , así mismo se observa que los ácidos láctico y oxálico son significativamente iguales con promedios de peso equivalente 1 710,56 y 1 637,26 respectivamente.

Cuadro N° 11. Prueba de rango de Tukey para peso equivalente según factor A (Ácido) y factor B (Temperatura)

Códigos	Tipo Ácidos	Rend %. Prom.	Tukey 1%	Códigos	Temperatura °C	Rend. Prom.	Tukey 1%
A3	Cítrico	1 945,14	A	T4	95	2 165,28	a
A4	Acético	1 799,15	B	T3	85	1 754,83	b
A1	Láctico	1 710,56	C	T2	75	1 698,63	bc
A2	Oxálico	1 637,26	C	T1	65	1 473,38	c

Al realizar la Prueba de Tukey 1% para la interacciones A*B (ácido* temperatura) se aprecia que los 4 tipos de ácidos estudiados observamos que existe diferencia significativa entre las temperaturas, obteniéndose de mayor peso equivalente de extracción de pectina en el ácido oxálico a temperatura de 95°C con un promedio de 2219,4 g/equivalente H^+ seguido de las temperaturas de 75°C, 85°C y 65°C con promedios de 1 572,87; 1 572.87 y 1 183,86 g/equivalente H^+ respectivamente.

Para el ácido láctico se observa que a temperatura de 95°C se obtiene un peso equivalente de 2 153,57 g/equivalente H^+ y se observa un menor peso a 65°C de 1 389,60 g/equivalente H^+ .

Cuadro N° 12. Prueba de rango de Tukey para peso equivalente según factor AxB (ácido* temperatura)

AC. LÁCTICO			ÁCIDO OXÁLICO			ÁCIDO CÍTRICO			ÁCIDO ACÉTICO		
Temp.°C	Prom.%	Tukey	Temp.°C	Prom.%	Tukey	Temp.°C	Prom.%	Tukey	Temp.°C	Prom.%	Tukey
95	2 153,57	a	95	2 219,43	a	95	2 203,02	a	95	2 085,11	a
85	1 726,21	b	75	1 572,87	b	75	1 889,74	b	85	1 830,5	b
75	1 572,87	b	85	1 572,87	b	85	1 889,74	b	75	1 759,03	b
65	1 389,6	c	65	1 183,86	c	65	1 798,06	B	65	1 521,98	c

4.5. Análisis de porcentaje (%) de metoxilo.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza que representa el porcentaje de metóxilo en la extracción de pectina, comparando con los valores de Fisher tabular, correspondiente a un nivel de significación del 5% se observa que en el Factor A (ácido) existe diferencia significativa. En cuanto al Factor B (temperatura), las interacciones (A*B), presentan diferencia significativa, por lo que se aplicó la prueba de Tukey con un margen de error del 1%.

Cuadro N° 13. Análisis de varianza para metoxilo

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F_o</i>	<i>Prob</i>	<i>F 5%</i>	<i>Signif.</i>
Ácido	111,33	3	37,11	³ 389,62	4,06 x 10 ⁻⁴⁰	2,90112	Sig
Temperatura	42,97	3	14,32	¹ 308,39	1,54 x 10 ⁻³³	2,90112	Sig
Ácido x Temperatura	26,64	9	2,96	270,405	1,38 x 10 ⁻²⁷	2,18877	Sig
Error	0,35	32	0,01				
Total	181,3	47					

- ✓ Fuente de Variación (FV)
- ✓ Suma de Cuadrado (SC)
- ✓ Grados de libertad (GL)
- ✓ Cuadrado medio (CM)
- ✓ Valores de Fisher Tabular (F5%)
- ✓ Significancia: no significativa (ns) y significativa (sig).

Se observa en que los ácidos láctico, cítrico, oxálico y acético son significativamente diferente con promedios de metoxilo de 5,51%; 4,70%; 2,38% y 1,89% observándose que el ácido láctico ocupa el primer orden.

La prueba de Tukey nos indica que la temperatura de 95°C, 85°C y 75°C son significativamente diferentes con promedios de metóxilo de 4,77%; 4,32% y 2,59%, así mismo se observa que la temperatura de 75°C y 65°C son significativamente iguales ocupando el tercer orden.

Cuadro N° 14. Prueba de rango de Tukey para metóxilo según factor A (Ácido) y factor B (Temperatura)

Códigos	Tipo Ácidos	Metóxilo % Prom.	Tukey 1%	Códigos	Temperatura °C	Metóxilo % Prom.	Tukey 1%
A1	Láctico	5,51	A	T4	95	4,77	a
A3	Cítrico	4,70	B	T3	85	4,32	b
A2	Oxálico	2,38	C	T2	75	2,59	c
A4	Acético	1,89	D	T1	65	2,79	c

Al realizar la Prueba de Tukey 1% para las interacciones A*B (ácido* temperatura) para el ácido láctico observamos que existen diferencia significativa entre las temperaturas, obteniéndose de mayor metoxilo de extracción de pectina a la temperatura de 95°C con un promedio de 7,11% seguido de las temperaturas de 85,75 y 65 °C con metóxilo de 6,87%, 4,26% y 3,80% respectivamente.

Para el ácido acético se observa que a temperatura de 65°C se obtiene el menor metóxilo de la extracción de pectina con 1,61%.

Cuadro N° 15. Prueba de rango de Tukey para metóxilo según factor AxB (ácido* temperatura)

AC. LÁCTICO			ÁCIDO OXÁLICO			ÁCIDO CÍTRICO			ÁCIDO ACÉTICO		
Temp.° C	Pro m. %	Tukey	Temp.° C	Prom. %	Tukey	Temp.° C	Pro m. %	Tukey	Temp.° C	Prom. %	Tukey
95	7,11	A	95	2,89	A	95	6,92	A	95	2,17	a
85	6,87	A	85	2,64	A	85	5,82	B	85	1,97	ab
75	4,26	B	75	2,16	B	65	3,93	C	75	1,81	b
65	3,8	C	65	1,83	C	75	2,11	D	65	1,61	b

4.6. Análisis de porcentaje (%) de esterificación.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza que representa el porcentaje de esterificación en la extracción de pectina comparando con los valores de Fisher tabular, correspondiente a un nivel de significación del 5% se observa que en el

Factor A (ácido) existe diferencia significativa. En cuanto al Factor B: (temperatura), las interacciones (A*B), presentan diferencia significativa, por lo que se aplicó la prueba de Tukey con un margen de error del 1%.

Cuadro N° 16. Análisis de varianza para esterificación

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F_o</i>	<i>Prob</i>	<i>F 5%</i>	<i>Signif.</i>
Ácido	6 201,85	3	2 067,28	2 699,23	1,53 x 10 ⁻³⁸	2,90112	Sig
Temperatura	407,41	3	135,80	177,32	5,19 x 10 ⁻²⁰	2,90112	Sig
Ácido x Temperatura	26,87	9	2,99	3,90	2,01 x 10 ⁻³	2,18877	Sig
Error	24,51	32	0,77				
Total	6 660,63	47					

- ✓ Fuente de Variación (FV)
- ✓ Suma de Cuadrado (SC)
- ✓ Grados de libertad (GL)
- ✓ Cuadrado medio (CM)
- ✓ Valores de Fisher Tabular (F5%)
- ✓ Significancia: no significativa (ns) y significativa (sig)

Se observa en que los ácidos oxálico, láctico, cítrico y acético son significativamente diferentes con promedios de esterificación de 17,64%; 17,35%; 16,17%; 11,75% y 11,75% observándose que el ácido oxálico ocupa el primer orden.

La prueba de Tukey nos indica que la temperatura de 95°C es significativamente diferente ocupando el primer orden con un promedio de esterificación de 20,59% así mismo se observa que la temperatura de 85°C y 75°C son significativamente iguales ocupando el segundo orden pero diferente a la temperatura de 65°C con promedios de 15,68%; 14,67% y 11,98% respectivamente.

Cuadro N° 17. Prueba de rango de Tukey para esterificación según factor AxB (ácido* temperatura)

Códigos	Tipo Ácidos	Esterificación % Prom.	Tukey 1%	Códigos	Temperatura °C	Esterificación % Prom.	Tukey 1%
A2	Oxálico	17,64	A	T4	95	20,59	a
A1	Láctico	17,35	B	T3	85	15,68	b
A3	Cítrico	16,17	C	T2	75	14,67	b
A4	Acético	11,75	D	T1	65	11,98	c

Al realizar la Prueba de Tukey 1% para la interacciones A*B (ácido* temperatura) se aprecia que para el ácido láctico observamos que existen diferencia significativa entre las temperaturas, obteniéndose de mayor porcentaje de esterificación de extracción de pectina a la temperatura de 95°C con un promedio de 80,83% seguido de las temperaturas de 85°C, 75°C y 65 °C con metóxilo de 78,80%; 74,19% y 72,62% respectivamente.

Para el ácido acético, se observa que a temperatura de 65°C se obtiene el menor porcentaje de esterificación de la extracción de pectina con 41,95%.

Cuadro N° 18. Prueba de rango de Tukey para esterificación según factor AxB (ácido* temperatura)

AC. LÁCTICO			ÁCIDO OXÁLICO			ÁCIDO CÍTRICO			ÁCIDO ACÉTICO		
Temp.° C	Pro m. %	Tukey	Temp.° C	Prom. %	Tukey	Temp.° C	Pro m. %	Tukey	Temp.° C	Prom. %	Tukey
95	80,83	A	95	63,45	A	95	73,37	a	95	51,67	a
85	78,80	A	85	61,17	A	85	72,58	a	85	48,36	b
75	74,19	B	75	57,87	B	75	69,75	b	75	46,19	b
65	72,62	B	65	55,59	B	65	68,82	b	65	41,95	c

4.7. Análisis de porcentaje (%) de ácido galacturónico (AGA)

Los resultados obtenidos del análisis de varianza del porcentaje de ácido galacturónico en la extracción de pectina comparando con los valores de Fisher tabular, correspondiente a un nivel de significación del 5% se observa que en el Factor A (ácido) existe diferencia significativa. En cuanto al Factor B:

(temperatura), las interacciones (A*B), presentan diferencia significativa, por lo que se aplicó la prueba de Tukey con un margen de error del 1%.

Cuadro N° 19. Análisis de varianza para ácido galacturónico

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F_o</i>	<i>Prob</i>	<i>F 5%</i>	<i>Signif.</i>
Ácido	1 629,37	3	543,12	71,58	2,77 x 10 ⁻¹⁴	2,90112	Sig
Temperatura	2 055,18	3	685,06	90,28	1,06 x 10 ⁻¹⁵	2,90112	Sig
Ácido x Temperatura	2 763,38	9	307,04	40,48	5,53 x 10 ⁻¹⁵	2,18877	Sig
Error	242,82	32	7,58				
Total	6 690,74	47					

- ✓ Fuente de Variación (FV)
- ✓ Suma de Cuadrado (SC)
- ✓ Grados de libertad (GL)
- ✓ Cuadrado medio (CM)
- ✓ Valores de Fisher Tabular (F5%)
- ✓ Significancia: no significativa (ns) y significativa (sig)

Se observa que los ácidos oxálico y láctico son significativamente iguales, ocupando el primer orden con promedios de AGA de 17,64% y 17,35%; asimismo observamos que los ácidos cítrico y acético son significativamente iguales pero diferentes a los otros ácidos ocupando el segundo orden con promedios de AGA 16,17% y 11,75% respectivamente. La prueba de Tukey indica que la temperatura de 75°C es significativamente diferente ocupando el primer orden con un promedio de AGA de 20,59%; asimismo se observa que la temperatura de 65°C, 85°C y 95°C son significativamente iguales ocupando el segundo orden con promedios de 15,68%; 14,67% y 11,98% respectivamente.

Cuadro N° 20. Prueba de rango de Tukey para AGA según factor A (Ácido) y factor B (Temperatura)

Códigos	Tipo Ácidos	Rend %. Prom.	Tukey 1%	Códigos	Temperatura °C	Rend %. Prom.	Tukey 1%
A2	Oxálico	17,64	a	T4	75	20,59	a
A1	Láctico	17,35	a	T3	65	15,68	b
A3	Cítrico	16,17	b	T2	85	14,67	b
A4	Acético	11,75	b	T1	95	11,98	b

Al realizar la Prueba de Tukey 1% para la interacciones A*B (ácido* temperatura) se aprecia que para el ácido láctico existe diferencia significativa entre las temperaturas, obteniéndose con ácido galacturónico la mayor extracción de pectina a la temperatura de 95°C con un promedio de 88,45% seguido de las temperaturas de 75°C, 65°C y 85°C con ácido galacturónico de 71,97%; 60,53% y 58,04% respectivamente.

Para el ácido acético se observa que a temperatura de 75°C se obtiene el mayor porcentaje de ácido galacturónico de la extracción de pectina con 70,02% seguido de 65°C ,95°C y 85 °C con ácido galacturónico de 63,78%; 52,27% mientras que a temperatura de 75°C se obtiene un porcentaje menor de ácido galacturónico de 47,87%.

Cuadro N° 21. Prueba de Rango de Tukey para ácido galacturónico según factor AxB (ácido* temperatura)

AC. LÁCTICO			ÁCIDO OXÁLICO			ÁCIDO CÍTRICO			ÁCIDO ACÉTICO		
Temp. °C	Prom. %	Tukey	Temp. °C	Prom. %	Tukey	Temp. °C	Prom. %	Tukey	Temp. °C	Prom. %	Tukey
95	88,44	a	95	78,13	a	95	76,70	a	75	70,02	a
75	71,97	b	75	74,17	ab	65	66,61	b	65	63,78	a
65	60,53	c	85	68,24	b	75	47,77	c	95	52,27	b
85	58,04	c	65	65,67	b	85	47,77	c	85	47,87	b

4.8. Análisis del grado de gelificación (gr)

En cuanto a los resultados obtenidos del análisis de varianza del porcentaje de humedad en la extracción de pectina, comparando con los valores de Fisher tabular correspondiente a un nivel de significación del 5%, se observa que en el Factor A (Tipo de ácidos) no existe diferencia significativa. En cuanto al Factor B (Temperaturas), las interacciones A*B, no presentan diferencia significativa.

Cuadro N° 22. Análisis de varianza para grado de gelificación

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>Fo</i>	<i>Prob</i>	<i>F 5%</i>	<i>Significancia</i>
Ácido	7 641,23	3	2547,08	0,92	0,442293	2,901	ns
Temperatura	10 420,7	3	3473,56	1.255	0,306426	2,901	ns
Ácido x Temperatura	16 874	9	1874,89	0,677	0,723365	2,189	ns
Error	88 596,9	32	2768,65				
Total	123 533	47					

- ✓ Fuente de Variación (FV)
- ✓ Suma de Cuadrado (SC)
- ✓ Grados de libertad (GL)
- ✓ Cuadrado medio (CM)
- ✓ Valores de Fisher Tabular (F5%)
- ✓ Significancia: no significativa (ns) y significativa (sig)

5. DISCUSIÓN

En cuanto al rendimiento, los mejores resultados se obtuvieron con el ácido oxálico, con rendimiento promedio de 17,64%, seguido de los ácidos láctico y cítrico; entre ellos no existe diferencia significativa, por lo cual se puede utilizar cualquiera de estos ácidos estudiados. En la temperatura, el mejor resultado se alcanzó a 75°C con rendimiento de 20,59%. Esto concuerda con lo establecido por Ferreira (2007) que a partir de desechos de mango, pH de 3,2 y 75 minutos de hidrólisis, obtuvo un rendimiento de 23 a 24%.

Se demostró que mejor rendimiento lo obtuvo el T₄ (ácido láctico a 95°C) un máximo promedio de 29,69% y el T₁ (ácido láctico a 65°C) un mínimo promedio de 5,38%, lo cual está por encima de lo reportado por (Barazarte 2008) de 3,89g/100g. El análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey (1%) permitieron evidenciar diferencias significativas individuales entre los tratamientos. Lo cual indica que a mayor temperatura de extracción y tiempo de hidrólisis aumenta el rendimiento de la pectina, pero disminuye su calidad, lo cual se observa un color oscuro, rígida de la pectina estudiada. Esto concuerda con lo reportado por Vriesmann (2012), que estableció una relación significativa lineal de la temperatura y un efecto cuadrático del tiempo sobre el rendimiento de la pectina, obtenida de cáscara de cacao mediante ácido cítrico, siendo mejorados al aumentar el tiempo de extracción y la temperatura.

En cuanto al resultado de análisis de varianza para humedad, se observó que no presentan diferencias significativas individuales entre los tratamientos; pues los cuatro ácidos mostraron estadísticamente similar valor de humedad. El T₁₃ (ácido acético a 65°C) presentó un mejor valor contenido de humedad con 2,02%, la mayoría de los tratamientos quedaron con menos del 10% valores bajos y considerados dentro de las especificaciones oficiales de pureza para pectinas comerciales, con humedad por debajo de 12% que es el límite establecido por la FAO, el FCC y el ECC, tal como lo reporta Puerta (1996).

En cuanto los resultados de ceniza en la extracción de pectina se observó que el mejor resultado lo obtuvo el ácido oxálico con un valor de 0,73% está dentro de los parámetros de una pectina comercial según lo reportado por Vasquez (2008), el mejor resultado estudiado en la temperatura lo presentó a 75°C con un valor de

0,74%; estos valores están dentro de la especificación de 1% de ceniza para una pectina comercial (FAO, FCC y ECC) y concuerda con lo reportado por Puerta (1996).

La ceniza obtenida en el T₁₃ (ácido acético a 65°C) tuvo un mejor valor de 0,25% para una pectina comercial de 1% (FCC) tomado como referencia por Puerta (1996). El T₁₆ (ácido acético a 95°C) alcanzó el valor máximo de 1,85%, que pudo deberse a que la cáscara utilizada en este ácido tienen gran cantidad de minerales como calcio, potasio, sodio, cadmio e inclusive un alto contenido de impurezas. Asimismo, por debajo de 10% reportó Suarez (2014), para una pectina comercial: Pectina tipo 105, “*rapid set*”.

Tabla N° 4. Comparación de propiedades

PROPIEDADES	Esterificación %	Stting time (min)	pH de solución al 1%	Perdida en el secado	Contenido de cenizas
Pectina comercial (R.S)	67-75%	3-3,3	2,9-3,5	12%	10%
Pectina de mazorca	93,68%	3,5	3,4	14%	7%
Pectina de cascarilla	75%	5	2,8	16%	11%

Fuente: Suarez (2014)

En el presente estudio, la extracción mediante ácido cítrico obtuvo en promedio 1 945,14 g/equivalente, valor superior al obtenido por Corona (1996), en la extracción de pectina a partir de cascarilla de cacao pero bajo condiciones diferentes de pH, tiempo y solución extractora, reportando valores del peso equivalente entre 385,47 a 464,61 g/equivalente. En la temperatura el mejor resultado se obtuvo a 95°C, con valor de 2 165,28 g/equivalente; sin embargo, es muy cercano a lo reportado por Chacín (2010), quien obtuvo valores entre 2 512,5 y 2 583,33 g/equivalente, usando como matriz cáscara de cacao.

Los resultados para peso equivalente en el T₁ (ácido láctico 65°C) tuvo un valor mínimo de 1 389,60 g/equivalente H⁺, para el T₈ (ácido oxálico a 95 °C) un máximo valor de 2 219,43 g/equivalente H⁺. Por otro lado Corona (1996), los resultados son similares a los aportados de 510,0 g/equivalente H⁺ a 2 272,70 g/equivalente de H⁺, en extracción de cáscara reportado por Suarez (2014) de 2 335 g/equivalente de H⁺.

Se muestra el resultado de análisis del contenido de metóxilo en el ácido láctico obteniéndose un promedio de 5,51% y en la temperatura un valor de 4,77% lo cual indica una extracción de pectina de bajo metoxilo. Estudios realizados por Barazarte (2008), las pectinas se caracterizan por un grado de metilación menor al 7%, pero por encima de lo reportado por Adomako (1972), en el cual se obtienen pectinas de la cascarilla de cacao con un contenido de metóxilo de 3,6 a 4,9%.

El contenido de metoxilo tuvo un valor de 1,61% de las pectinas extraída de la cáscara de cacao ubicado en el T₁₃ (ácido acético a 65 °C); el mismo que se referencia con Corona (1996), para pectinas de bajo metoxilo, las cuales se caracterizan por un grado de metilación menor a 7%. En el T₄ (ácido láctico a 95 °C), se obtuvo un valor de 7,11% que está por encima de lo reportado por Suarez (2014), con un valor 3,4% de metóxilo para pectinas de cáscaras de cacao.

En cuanto los resultados de esterificación, en la extracción de pectina se observó que el mejor resultado se obtuvo con ácido oxálico a un valor promedio de 17,64% y a temperatura de 95°C tiene un valor promedio de 20,59%. Según reporta Adomako (1972), se obtuvieron pectinas de la cascara de cacao con un grado de esterificación entre 60 y 76%. Según la literatura la disminución del grado de esterificación en pectinas de bajo metoxilo aumenta la habilidad de formar geles, por ende se estima un porcentaje menor al 50% (Axelos, 1991). Sin embargo se obtuvo un porcentaje mayor a lo esperado, debido a que podrían existir grupos carboxilo esterificados con otros grupos como metoxilos o amidas (Barazarte, 2008).

En la determinación del porcentaje de esterificación, en el T₁₃ (ácido acético a 65 °C) se obtuvo 41,85% que al igual que en el caso del contenido de metoxilo, permite clasificar el producto final como pectinas de bajo metoxilo, las que presentan un grado de esterificación menor a 50%, según reporta Corona (1996). Para el T₄ (ácido láctico a 95°C) se obtuvo un valor de 80,33% el cual diverge de los resultados presentados por Adomako (1972), quién reportó un grado de esterificación entre 60% y 76,3%; y lo reportado por Fredes (2009), que obtuvo un grado de 70,48 %, comparable con pectinas HM de alta calidad.

En los resultados con ácido oxálico, se obtuvo un valor promedio de 17,64% y a temperatura de 75°C un valor promedio de 20,59%. El contenido de ácido

galacturónico (AGA) determina la pureza de la pectina extraída lo cual hace que sea el parámetro más importante para determinar su calidad, pues a mayor porcentaje mayor será la pureza (Ranganna, 2008).

La pectina extraída de cáscaras de cacao fue sometida al análisis de contenido de AGA, con el objeto de determinar su pureza. En el T₉ (ácido cítrico a 65°C) se observó un valor de 47,77% está por encima de lo reportado por Adomako (1972) que obtuvo valores de AGA entre 33,2 g/100g y 36,2 g/100g en pectinas de cáscaras de cacao; se puede afirmar que la disminución en el rendimiento, causada por el proceso de extracción aplicado, fue compensada con un grado de pureza mayor, presuntamente influenciado por la limpieza de sólidos en suspensión aplicada. En el T₄ (ácido láctico a 95°C) se observó un valor de 88,44% el cual está por encima por lo reportado Barazarte (2008), con un contenido de pureza 62,26% para ácido galacturónico.

La análisis de varianza para el grado de gelificación de los ácidos formaron geles consistentes en el ácido oxálico a diferentes temperaturas que promediaron una firmeza menor de gel entre ácido láctico a 85°C y mayor firmeza de gel, ubicada en 388,03 g en el ácido oxálico a 65°C que originó que la pectina extraída bajo este esté acido se considera la de mayor poder de gelificación. Adicionalmente se destaca el hecho de que las pectinas con capacidad de formar geles fueron aquellas que presentaron mayor peso equivalente, mayor contenido de metoxilo y mayor grado de esterificación. Similarmente, Barazarte (2008), reportó resultados con un poder gelificante de 422,16 g fuerza.

6. CONCLUSIONES

1. Se concluye que el tipo de ácido y la temperatura de extracción presentan un efecto significativo sobre las variables de respuesta rendimiento y calidad de la pectina, obtenida mediante el método de hidrólisis ácida con un pH de 3,0 y un tiempo determinado de 60 minutos. El aumento de la temperatura producen un incremento del rendimiento de la pectina extraída, ya que se incrementa la hidrólisis de los enlaces de la protopectina, que pasa a pectina soluble.
2. En la obtención de pectina a partir de cáscara de cacao, se cumplió el propósito de identificar las condiciones del proceso de extracción y su influencia sobre la calidad de la pectina, obteniendo valores de rendimiento de 5,38% a 29,69%, una humedad de 2,02 a 10,65%, ceniza de 0,25% a 1,85%, peso equivalente de 1 389,60 a 2 219,43 g/ equivalente H⁺, contenido de metóxilo de 1,61% a 7,11%, contenido de esterificación de 41,95% a 80,83%, contenido de ácido galacturónico de 47,77% a 88,44% y un grado de gelificación de 96,01 g a 388 g; permitiendo evaluar sus potencialidades para ser empleada en la industria de alimentos o farmacéutica.
3. El mayor rendimiento obtenido fue en el T₄ (ácido láctico a 95°C) con 29,69%, seguido del T₈ (ácido oxálico a 95°C) con 23,05%, T₉ (ácido cítrico a 65°C) con 19,39% y T₁₆ (ácido acético a 95°C) con 13,10%. Esto demuestra que al utilizar estos tratamientos en la etapa de hidrólisis ácida se puede obtener elevado rendimiento de pectina. La pectina obtenida en este estudio presentó un color pardo, debido al contenido de fenoles. El mejor contenido de humedad lo obtuvo el T₁₃ (ácido acético a 65°C) con valor de 2,02%, valor inferior a la humedad máxima de 12% para una pectina comercial; el mejor contenido de cenizas fue en el T₁₃ (ácido acético a 65°C) con 0,25% y se demostró que la pectina extraída tuvo un alto contenido de pureza.
4. En la pectina de cáscara de cacao, obtenida con tiempo de extracción y pH constantes, el incremento de la temperatura y la variación del ácido producen un incremento en el peso equivalente del T₈ (ácido oxálico a 95°) de 2 219,93 g/equivalente H⁺. Un alto contenido de metoxilo se obtuvo en el T₄ (ácido

láctico a 95°C) de 7,11% y se obtuvo un mayor valor de esterificación en el T₄ (ácido láctico a 95°C) de 80,33%, lo cual la define como una pectina de un alto metoxilo y alto grado de esterificación; esta característica química determina su capacidad para formar geles en presencia de azúcar y ácido, y su aplicación se orienta principalmente a la elaboración de mermeladas y jaleas. Se obtuvo el mejor contenido de ácido galacturónico con el T₄ (ácido láctico a 95°C) un valor de 88,44%, T₈ (ácido oxálico a 95°C) un valor de 78,13%, obteniendo un grado de pureza mayor para una pectina comercial y un grado de gelificación en el T₄ (ácido láctico a 95°C) de 155,95 g y T₈ (ácido oxálico a 95) 368,03 g, lo cual indica un poder de gelificante.

5. La mejor extracción de pectina de cáscara de cacao fue en el T₈ (ácido oxálico 95°C) con un color marrón claro, cumpliendo con los parámetros de calidad de la pectina obtenida se encuentran dentro de los requerimientos establecidos de la FAO con un rendimiento de 23,04%, humedad 10,65%, ceniza de 0,87%, peso equivalente de 2 219,43 g/equivalente^{H⁺}, metoxilo de 2,89%, esterificación de 63,45%, ácido galacturónico de 78,13% y grado de gelificación de 368,03 g.

7. RECOMENDACIONES

1. Se debería investigar, la influencia de la temperatura con variación de pH, utilizando otros agentes hidrolizantes como ácido nítrico, ácido fosfórico, Ácido Etilendiamino Tetraacético-EDTA a un tiempo determinado con distintos métodos de extracción de pectina, para tratar de abarcar todos los factores que se involucran en el desarrollo del procedimiento.
2. Estudiar la pectina extraída en un equipo de espectroscopía infrarroja, que permite evaluar un análisis de espectro infrarrojo es muy indispensable ya que por este estudio se comprueba la calidad de la pectina es decir, que si la pectina que se obtuvo es de alto metoxilo o de bajo metoxilo, porque de ello dependerá su uso a nivel industrial.
3. Se debe realizar un análisis de caracterización y eliminación de fenoles de la pectina extraída de la cáscara de cacao, con el fin de conocer la influencia de estos en las características organolépticas de la pectina, experimentar técnicas de blanqueo, para mejorar el color de la pectina, pues presenta un color marrón, lo cual puede ser un factor a considerar cuando se desee comercializarla.
4. Teniendo en cuenta que el rendimiento de la pectina que conserva la mejor relación cantidad-calidad es de 23,04%, la población fue de 50 Kg de mazorca de cacao teniendo en cuenta 35 kg de cáscara de cacao y 15 kg de semillas, la producción total de pectina fue basada en 30 kg de cáscara de cacao deshidratada dicha cáscara procesada sería de aproximadamente 6 kg de pectina. En el mercado peruano la pectina cítrica 100% pura tiene un precio de S/ 84 nuevos soles por 500 gramos.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, G. «Comportamiento de la pectina de la pulpa de guayaba conservada con bisulfito de sodio.» Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ciencias, 1984.
- Adomako, D. «Cocoa pod husk pectin.» *Phytochemistry* 11, 1972: 1145–1148.
- ALVAREZ., PhD. GLORIA EDITH GUERRERO. *OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA CASCARILLA DE CACAO DEL Theobroma cacao L., SUBPRODUCTO DE UNA INDUSTRIA CHOCOLATERA NACIONAL.* . 2014.
- Anvoh, K.Y.B. A., Zoro Bi & Gnakri. «Production and Characterization of Juice from Mucilage of Cocoa Beans and its Transformation into Marmalade.» 14 de mayo de 2010. <http://scialert.net/abstract/?doi=pjn.2009.129.133> .
- ARPROCAT. *Asociación Regional de Productores de Cacao de Tumbes.* 31 de noviembre de 2009. <http://www.progreso.org.pe/progreso/index.php/arprocat>.
- Axelos, A, y F. Thibault. «The chemistry of low- methoxyl pectin gelation.» 108-109. Walter RH. *The chemistry and technology of pectin*, 1991.
- Aza, E. M., & Méndez, A. M. «Aza, E. M., Extracción de pectina de Nopal (*Opuntia ficus indica*) por medio ácido aplicando dos niveles de temperatura, tiempos y estados de madurez.» Tesis de grado, Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador, 2011.
- Barazarte, H. *La cáscara de cacao (Theobroma cacao L): una posible fuente comercial de pectinas.* Caracas, Venezuela: Archivos latinoamericanos de nutrición, 2008.
- Basombrío, Carlos. *republica.* 06 de junio de 2015. <http://larepublica.pe/impres/a/economia/5641-peru-el-segundo-exportador-de-cacao-del-planeta>.
- Beltrán, X., & Díaz R.,. «Extracción y Caracterización de Pectina.» 2011.
- Bernal, C. «Caracterización de la pectina en la Pasiflora cuadrangularis (Badea).» 21-24. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, departamento de química, 1985.
- Castañeda, Domingez. «Extracción y caracterización de pectinas.» Chimbote, 2001.
- Cayón, G. L. Valencia, H. Morales y A. Domínguez. «Desarrollo y producción del plátano Dominic Hartón (*Musa AAB Simmonds*) en diferentes densidades y arreglos de siembra.» Colombiana, 2004.

- Chacín, Marín. D'Addosio,. «Evaluación del contenido de pectina en diferentes genotipos de cáscara de cacao de la zona sur del Lago de Maracaibo.» 7-12. MULTICIENCIAS, vol. 10, nº 1, 20110.
- Cheftel, J, y H Cheftel. «Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Vol 1.» 333. España: Acribia, 1976.
- Cobos, G. E. *La baba de cacao se convierte en un herbicida natural.* expreso .ec , 2, s.f.
- Contreras, Esquivel JC. Hours RA, Aguilar CN, Reyes, y Vega ML Romero. «Extracción microbiológica y enzimática de pectina.» *Latinoamer Nutr*, 1997: 208–216.
- Corona, M, Diaz. «Extracción y caracterización de pectina de la corteza de parchita.» *Fac Agron (LUZ)*, 1996: 785 – 791.
- Dastur, Luh B K. «Texture and pectin in canned apricots.» 178 – 183 . 1966.
- Del Águila, Flores Daly y Zegarra Jumanga Diego Armando. «EXTRACCIÓN DE PECTINA POR HIDRÓLISIS ÁCIDA Y PRECIPITACIÓN ALCOHÓLICA A PARTIR DE LAS CÁSCARAS DE CACAO HÍBRIDO CCN51 (Theobroma cacao L.) PARA LA FABRICACIÓN DE UN PROTOTIPO DE EMPAQUE ALIMENTARIO, PUCALLPA, REGIÓN UCAYALI 2015 .» En *Como requisito para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial* , 62. PUCALLPA – PERU , 2016.
- El Comercio. *ECONOMÍA*. 16 de 05 de 2017.
<http://elcomercio.pe/economia/produccion-cacao-alcanza-record-historico-peru-108-000-toneladas-422379>.
- Endress H. «The chemistry and technology of pectin.» *Nonfood uses of pectin*, 1991: 251 – 268.
- FAO. *Base de datos estadísticos de la FAO. FAOSTAT*. 15 de Sep de 2006.
www.fao.org.
- Ferreira, S. «Pectinas: aislamiento, caracterización y producción a partir de frutas tropicales y de los residuos de su procesamiento industrial.» 20. Universidad nacional de Colombia, Facultad de ciencias, 2007.
- Fontes, PR. «Estudo da pectina do mel e da casca do fruto de cacao.» *Theobroma* 2, 1972: 49–51.
- Francis, BJ, y J-MK Bell. «Comercial pectin:.» 25-44. *Tropical Sci* 17, 1975.
- Fredes, Monsalves Claudio. Nelson Loyola López. Juan Carlos Muñoz Cruz. «Extracción de pectinas de vitis labrusca cv.» *Concord para producir jaleas*. 2009. :
http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s071834292009000300002&script=sci_arttext. Consultado Agosto del 2010.

- García, C. Luis. «Cultivares de Cacao del Perú. Lima, Perú.» *MINAGRI, DEVIDA* (García, C. Luis; 2010. de Cacao del Perú. Lima, Perú.), 2014: 108-109.
- Gavino, Elfer Orlando Obispo. «EXTRACCION DE PECTINA A PARTIR DE LA MANZANA.» 2014.
- GIRALDO. *GIRALDO, DIA OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA CASCARILLA DE CACAO DEL Theobroma cacao . GIRALDO, DIANA LUCÍA SUÁREZ ROZO. DIANA MARCELA OROZCO. OBTENCIÓN Y CARACTER L. pereira, 2014.*
- Girón, C Tortolero J, Sánchez P. «Theobroma cacao L. (Sterculiaceae) en la región nororiental de la Isla de Margarita.» 1-4. Estado Nueva Esparta, Venezuela: Plant Gen Resour Newsl, 2004.
- Hui, Y.H. «Encyclopedia of Food Science and Technology.» *hon Wiley and Sons Inc.;N.Y, 1996: 2039-2043.*
- Jaimes Carolina. «obtencion de jugo derivado del mucilago.» bucaramanga, 2005.
- Jordi, P.G. «“Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocotón”.» Universidad de Lleida, 1996.
- Kalvatchev, Z., Garzaro, D. & Guerra, F. «THEOBROMA CACAO L.» *Un nuevo enfoque para nutrición y salud, 1998: 24.*
- Kertesz, Z.I. «"The Pectic Substances".» *hangesin the structure of apple pectic substances during ripening and storage Carbohydr, 1984: 1-3.*
- LA TORRE, LUCAS D. BETANCOURT. «EXTRACCIÓN DE PECTINAS A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DEL CACAO.» 2009.
- López, A. «Present status of cacao by-products.» *Theobroma 14(4), 1984: 271–291.*
- Márquez, Coronel Arnaldo José. «ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE DESPERDICIO DEL MUCÍLAGO DE CACAO Y SU APROVECHAMIENTO COMO ALTERNATIVA DE BIOCOMBUSTIBLE.» Tesis, Ecuador. UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO, 2015.
- Maza, Katherine. «Producción mundial de cacao se concentra en territorio nacional.» *Cacao en el Perú: 36% de la producción mundial se concentra en territorio nacional. (Perú21), 22 de enero de 2017: 4.*
- McCready, RM. «Pectin.» 565 – 599. New York: Joslyn M. Methods in Food Analysis. Second edition, 1970.
- Navarro, G, y S Navarro. "*Sustancias pécticas: química y aplicaciones*". Universidad de Múrcia: Secretariado de publicaciones e intercambio científico, 1985.
- Navarro, M.Sc. Sandra Lorena Blandón. nicaragua, agosto 2012.

- Navarro, S. «Pectinas Obtención y Aplicaciones,» de Sustancias Pécicas: Química Y Aplicaciones.» 9-24. España, 1985.
- Pérez, Echeverry Patricia. «Mucílago; Cáscara de cacao; Jugos en la industria panelera.» 13 de junio de 2011. <http://www.bdigital.unal.edu.co/1168/>.
- Pilnik, W, y F.M Rombouts. «"Pectic Enzymes" en Polysaccharides in Foods. Butlerwarths.» 1979.
- Puerta, A. «Extracción de pectina LM de la cáscara de limón (*Citrus aurantifolia*) por el método electrolítico.» Memoria para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú., 1996.
- Ranganna, S. «Handbook of analysis and quality control for fruit and vegetable products.» 31-36. Segunda ed., pp. 31-36, 2008.
- Rankes, M. *Manual de la industria de los alimentos*. España pp. 393-394: Acribia, Zaragoza,, 1993.
- Ridley, B.L, y M.A, Mohnen, D O´Neill. «Pectins: structure, biosynthesis, and Oligogalacturonide - related signaling.» 929-967. *Phytochemistry*, N°57, (2001).
- Rincón. «Estudio de factibilidad de obtención de pectina a partir de desechos cítricos.» Facultad de ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, 1990.
- Rincón. «Manual del cacaotero.» En *Orientación Agropecuaria*, 121-131. Bogotá: Segunda edición, 1982.
- Rojas, J Perea A. Stashenko E. «Obtencion de aceites esenciales y pectinas a partir de subproductos de jugos cítricos.» *Facultad de Química Farmacéutica*,, 2008: 110-115.
- Salazar, E Paz S.Mata M. «Cuantificación y caracterización de pectinas en cáscara de mango.» 53 – 58. *Gest Tecnol* 6, 1987.
- Suarez y Orozco, D. «obtencion y Caracterización de pectina A partir de la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.), subproducto De Una industria chocolatera nacional.» 8. Universidad Tecnológica de Pereira: Pereira (CO), 2014.
- Suarez, D y Orozco, D. *obtencion y Caracterización de pectina A partir de la cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.), subproducto De Una industria chocolatera nacional*. Universidad Tecnológica de Pereira: Pereira (CO), 2014.
- Thakur, BR Singh RK, Handa AK. «Chemistry and uses of pectin – A Review.» *Crit Rev Food Sci Nutr* 37, 1997: 47-73.

- Thibault, J-F. «Gelation of sugar beet pectin by oxidative coupling. En: Walter RH. The chemistry and technology of pectin.» *California: Academic Press*, 1991: 119–133.
- UNAM. *Análisis de alimentos*. 9 de abril de 2008. UNAM. 2009. *Análisis de alimentos. Fundamentos y técnicas*. Recuperado el .
<http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/AlimentosAlimentacion/images/Documentos/2015/Analisis%20de%20Alimentos%20Fundamentos%20y%20Tecnicas-UNAM.pdf> (último acceso: 19 de octubre de 2016).
- Vasquez, L. Ruesga, R. D'addosio, G. Páez y M. Marín.
«Pectin extraction from plantain (Musa AAB, sub-group plantain) peel Harton clone.» *Fac. Agron. (LUZ)*, 2008: 318-333.
- Vélez, Lopez A. *Ácido Cítrico y Clorhídrico en las Características Físico-Químicas de Pectina Obtenida de Albedo de Maracuyá (Passiflora edulis)*. 2013.
Consultar: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/123456789/541/1/ESPA M-AI-PE-TE-IF-00040.pdf>.
- Vriesmann, L., Teófilo, R., y Oliveira, C. «Extracción y caracterización de pectina de cáscara de cacao de la vaina (Theobroma cacao L.) con ácido cítrico.» 6. *LWT-FoodScience y Tecnología.*, 2012.
- Zeledón, Esmeralda Yesarelis. «Producción de postres y vinagres a partir de exudado de cacao en la cooperativa de servicios múltiples.» Nicaragua, 2012.

ANEXOS

Anexo 1: procedimiento de la extracción de pectina de la cáscara de cacao



Recolección y selección de la materia



Pesado



Cortado



Desvenado



Cortado en trozos para secado



Muestras pesadas



Preparación de agua acidulada



Hidrolisis acida y filtración



Primera Precipitación al 96 % de etanol



Reposo por 24 horas



Segunda Precipitación al 70 % de etanol



Centrifugación



Pectina humedad



Pectina seca



Peso de la pectina



Peso de la pectina



Trituración



Determinación de
humedad



Determinación de cenizas



Determinación de peso
equivalente



Determinación de metoxilo, esterificación y ácido galacturónico

Mermelada de fresa utilizando la pectina extraída de la cáscara de cacao con un ácido oxálico a 95°C.



Anexo 2: Resultados de las características físico químicas evaluadas a la pectina extraída de la cáscara de cacao.

TIPOS DE ÁCIDO	T (°C)	RENDIMIENTO (%)	HUMEDAD (%)	CENIZAS (%)	PESO EQUIVALENTE (g/equivalente H^+)	METOXILO (%)	ESTERIFICACIÓN (%)	GALACTURONICO (%)	GELIFICACIÓN (%)
ÁCIDO LÁCTICO	65	5,271	6,8847	1,7234	1351,35	3,7	71,92	70,62	200,00
		5,487	6,4044	1,9725	1428,57	3,92	73,04	56,49	142,85
		5,3945	6,9173	1,0842	1388,89	3,79	72,91	54,48	83,33
	75	14,653	6,926	0,3561	1612,9	4,33	75,64	74,66	166,66
		13,4905	6,9676	0,3502	1562,5	4,26	73,78	68,6	90,9
		13,9265	6,1048	0,3583	1543,21	4,2	73,16	72,64	125,00
	85	19,946	4,2153	1,707	1724,14	6,88	78,68	58,51	76,92
		20,894	3,752	1,2967	1742,16	6,95	79,3	57,9	100,00
		20,088	4,3846	1,5683	1712,32	6,78	78,43	57,7	111,11
	95	28,4485	7,2474	0,8346	2222,22	7,12	80,6	89,79	142,85
		30,5045	7,3238	0,8864	2083,33	6,78	79,99	86,76	200,00
		30,119	7,3819	0,8716	2155,17	7,43	81,9	88,78	125,00
ÁCIDO OXALICO	65	12,978	8,6364	0,8479	1190,48	1,83	55,8	65,47	76,92
		11,131	8,0166	0,9976	1250,00	1,9	56,42	65,67	111,11
		12,41	8,0423	0,8631	1111,11	1,76	54,56	65,87	200,00
	75	22,2205	3,7267	0,7305	1612,9	2,12	58,9	75,16	71,42
		21,1025	3,8355	0,7566	1562,5	2,19	57,66	73,18	125,00
		19,9935	3,5283	0,7398	1543,2	2,16	57,04	74,17	76,92
	85	13,408	5,2393	0,4152	1785,71	2,6	60,14	68,24	125,00
		14,485	5,1057	0,4338	1923,07	2,67	62,00	67,25	111,11
		14,866	6,6263	0,4296	1851,85	2,64	61,38	69,22	83,33
	95	24,791	11,1241	0,8667	2252,25	2,92	64,48	77,14	166,66
		22,9285	10,8102	0,8622	2232,14	2,89	63,24	79,12	125,00
		21,408	10,0231	0,8693	2173,91	2,86	62,62	78,13	76,92

ÁCIDO CITRICO	65	18,831	8,3877	0,9322	1724,14	3,86	68,2	66,61	200,00
		19,8585	7,9786	0,9273	1851,85	3,94	69,44	67,62	125,00
		19,489	7,6354	0,9337	1818,18	3,98	68,82	65,6	83,33
	75	12,9335	5,8447	1,6065	1923,07	2,16	70,06	45,42	83,33
		10,951	5,6291	1,7057	1901,14	2,12	69,75	50,46	125,00
		13,0065	5,3645	1,5832	1845,01	2,06	69,44	47,43	100,00
	85	16,0255	5,4421	0,6079	2173,91	5,82	72,48	70,65	166,66
		17,9875	5,1364	0,6253	2127,66	5,78	72,11	68,63	125,00
		15,392	5,8675	0,6162	2262,44	5,85	73,16	69,63	250,00
	95	15,175	7,4444	0,5252	2242,15	7,104	74,4	78,72	111,11
		17,841	7,1797	0,5363	2192,99	6,95	73,16	76,7	142,85
		16,6005	7,0195	0,5234	2173,91	6,78	72,54	74,68	250,00
ÁCIDO ACETICO	65	10,436	7,1761	0,8474	1666,67	1,67	43,4	67,06	250,00
		10,7305	7,2083	0,8541	1428,67	1,54	40,3	63,12	142,85
		11,7405	7,0128	0,8617	1470,59	1,61	42,16	61,15	111,11
	75	10,0935	7,0404	0,2584	1798,56	1,86	46,5	69,04	125,00
		13,3775	7,94	0,2477	1754,39	1,8	46,19	70,42	200,00
		10,2915	7,507	0,2405	1724,14	1,76	45,88	70,61	83,33
	85	10,272	1,9607	0,5818	1893,94	2,03	48,98	47,34	83,33
		11,583	2,0052	1,8578	1811,85	1,96	48,36	47,93	111,11
		13,2355	2,1008	1,7038	1785,71	1,91	47,74	48,33	100,00
	95	11,5105	2,2354	1,9587	2164,5	2,22	52,7	51,28	250,00
		13,268	2,2579	1,7528	2074,69	2,16	51,46	53,26	111,11
		14,5135	2,5014	1,8391	2016,13	2,13	50,84	52,27	83,33

Anexo 3: Ejemplo de cálculo para grupos metóxilo y ácido galacturónico

❖ Cálculo para grupos metoxilo

Cuadro N° 23. Volúmenes de la valoración para el ácido acético a 65°C

N°	VALORACION DE SAPONIFICACIÓN		VALORACIÓN TOTAL	
	VOLUMEN	METOXILO	VOLUMEN	AGA
1	0,51 ml	1,61%	3,1 ml	61,15%

Del cuadro N° 18, se tienen los volúmenes de la valoración necesarios para realizar los cálculos.

1 ml NaOH 0,5 N ----- 15,52mg OCH₃

0, 51 ml NaOH 0,5 N ----- X

X = 7,9152mg OCH----- 7,9152x 10⁻³ g OCH

0,5 g pectina sin lavar-----7,9152x 10⁻³ OCH₃

100g pectina ----- X

X= 1,58304 OCH₃

En base seca = 100 – Humedad

= 100 – 1,58304= 98,4169 g

Base húmeda*100 = Base seca* X

1,58304 (100) = 98,4169 (X)

X = 1,61 % OCH₃

❖ **Cálculo para ácido galacturónico**

1 ml NaOH 0,5 N -----97,07mg C₆H₁₀O₇

3,1 ml NaOH 0,5 N ----- X

X = 300,917mg C₆H₁₀O₇ ----- 0,300917 g C₆H₁₀O₇

0,5 g pectina sin lavar ----- 0,300917 g C₆H₁₀O₇

100 g pectina ----- X

X = 60,1834 g C₆H₁₀O₇

Base húmeda*100 = Base seca* X

60,1834 g C₆H₁₀O₇ (100) = 98.4169 g (X)

X = 61,15 % C₆H₁₀O₇

Cuadro N° 22. Comparaciones de pectina extraídos de la cáscara de cacao con diferentes ácidos con la tabla de especificaciones de una pectina comercial según la FAO- CODEX.

TRATAMIENTO	ÁCIDO	TEMPERATURA	REMOJADO %	HUMEDAD %	CENIZA %	PESO EQUIVALENTE (g/equivalente H ⁺)	METÓXILO %	ESTERIFICACIÓN %	ÁCIDO GALACTURÓNICO %	GRADO DE GELIFICACIÓN (g)
T ₄	LÁCTICO	95°C	29,69	7,32	1,79	2153,57	7,11	80,43	98,44	155,95
T ₈	OXÁLICO	95°C	23,05	10,05	0,87	2219,33	2,89	63,45	78,13	368,58
T ₉	CÍTRICO	65°C	19,39	8	0,93	1798,06	3,93	68,82	66,61	136,11
T ₁₆	ACÉTICO	95°C	13,1	7,5	1,85	2085,11	2,17	51,67	52,27	158,15

Tipo de ácido dentro de las especificaciones de la FAO, FCC y ECC

Tipo de ácido dentro de las especificaciones Pectina tipo 105, "rapid set"

Tipo de ácido fuera de las especificaciones de la FAO, FCC y ECC