



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE *Syzygium malaccense* L. (POMARROSA) MEDIANTE EL USO DE HIDRÓLISIS ÁCIDA.

TEOBALDO AURELIO PATIÑO ROBLES

Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAGÍSTER EN INGENIERÍA QUÍMICA APLICADA

RIOBAMBA – ECUADOR

Agosto 2021

© 2021, Teobaldo Aurelio Patiño Robles

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, titulado “**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE *Syzygium malaccense L. (POMARROSA) MEDIANTE EL USO DE HIDRÓLISIS ÁCIDA*”, de responsabilidad del Ing. Teobaldo Aurelio Patiño Robles, ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.**

Tribunal:

Ing. Juan Carlos González García; Ph.D
PRESIDENTE



Firmado electrónicamente por:
**JUAN CARLOS
GONZALEZ
GARCIA**

Bqf. Diego Renato Vinueza Tapia Mag.
DIRECTOR



Firmado electrónicamente por:
**DIEGO RENATO
VINUEZA TAPIA**

Ing. Adrián Alejandro Rodríguez Pinos Mag.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**ADRIAN ALEJANDRO
RODRIGUEZ PINOS**

Dr. Edgar Iván Ramos Sevilla Ph.D.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Riobamba, Agosto 2021

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Teobaldo Aurelio Patiño Robles, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



Firmado electrónicamente por:
**TEOBALDO
AURELIO PATIÑO
ROBLES**

Teobaldo Aurelio Patiño Robles

C.I: 080308312-0

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Teobaldo Aurelio Patiño Robles, declaro que el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría.



Teobaldo Aurelio Patiño Robles

C.I: 080308312-0

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi esposa Mery Mendoza, por su amor permanente, por el cariño que me brinda día a día, por ser mi amiga incondicional, pues si ella no lo hubiera conseguido.

También se lo dedico a mi padre, quien estaría orgulloso de este logro personal, que gracias a su sabiduría y amor paternal supo orientarme y apoyarme hasta el último día de su vida.

Como olvidarme de mi madre, hermanos y amigos que me han ayudado a superar los obstáculos más difíciles que he tenido en mi vida, gracias por darme fuerzas para cumplir mis metas.

AGRADECIMIENTO

A mi esposa por su apoyo y consejos que me han servido mucho para alcanzar esta meta, porque siempre fue mi motivadora que constantemente me decía que si podía lograrlo.

A mi hermana Jessica Patiño, quién me ha brindado aportes invaluable que recordaré toda mi vida.

A mis tutores Diego Vinueza y Adrián Rodríguez, por su constante orientación, apoyo y valiosos consejos en el avance y culminación del presente trabajo de investigación.

A mi amigo Diego García, por su colaboración y aportes en el desarrollo experimental de mi tesis.

Al personal técnico, docentes y autoridades de mi querida Facultad de Ciencias – ESPOCH, por facilitar el uso de los laboratorios para realizar mi trabajo de titulación.

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XVII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVIII
RESUMEN	XIX
ABSTRACT.....	XX

CAPITULO I

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Planteamiento del problema	2
1.1.1	<i>Situación problemática.....</i>	3
1.2	Formulación del problema.....	3
1.3	Preguntas directrices o específicas de la investigación	4
1.4	Justificación de la investigación	5
1.5	Objetivos de la investigación	6
1.5.1	<i>General</i>	6
1.5.2	<i>Específicos</i>	6
1.6	Hipótesis	6
1.6.1	<i>Hipótesis general.....</i>	6
1.6.2	<i>Hipótesis específicas.....</i>	6

CAPITULO II

2	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	7
2.1	Definición de Pomarrosa (<i>Syzygium malaccense</i>).....	7
2.1.1	<i>Origen y distribución.....</i>	7
2.1.2	<i>Zonas del Ecuador donde se cultiva.....</i>	8

2.1.3	<i>Clasificación taxonómica</i>	8
2.2	Descripción botánica del árbol de pomarrosa (<i>Syzygium malaccense L.</i>)	8
2.2.1.1	<i>Características del suelo para la siembra de la pomarrosa malaya</i>	9
2.2.1.2	<i>Método de siembra</i>	9
2.2.2	<i>Hojas</i>	10
2.2.3	<i>Flores</i>	11
2.2.4	<i>Frutos</i>	11
2.2.4.1	<i>Temporada de cosecha</i>	11
2.2.4.2	<i>Conservación de Cosecha y Postcosecha</i>	12
2.2.4.3	<i>Composición química y valor nutricional</i>	12
2.2.4.4	<i>Características sensoriales</i>	14
2.2.5	<i>Fitoquímicos</i>	14
2.2.5.1	<i>Carotenoides</i>	15
2.2.6	<i>Plagas y Enfermedades</i>	15
2.2.6.1	<i>Plagas</i>	15
2.2.6.2	<i>Enfermedades</i>	15
2.3	<i>Pectina</i>	16
2.3.1	<i>Historia de la pectina</i>	17
2.3.2	<i>Estructura Química de la Pectina</i>	18
2.3.3	<i>Localización biológica de la pectina</i>	18
2.3.4	<i>Clasificación de las sustancias pécticas</i>	19
2.3.4.1	<i>Ácidos pécticos</i>	20
2.3.4.2	<i>Ácidos pectínicos</i>	20
2.3.4.3	<i>Protopectina</i>	20
2.3.5	<i>Cadenas principales de la pectina</i>	20
2.3.5.1	<i>La Homogalacturona</i>	20
2.3.5.2	<i>La Ramnogalacturona I</i>	21

2.3.5.3	<i>La Ramnogalacturona II</i>	22
2.3.5.4	<i>Cadenas secundarias de la pectina</i>	24
2.3.6	<i>Propiedades fisicoquímicas de la pectina</i>	25
2.3.6.1	<i>Acidez libre</i>	25
2.3.6.2	<i>Ácido galacturónico</i>	26
2.3.6.3	<i>Ceniza</i>	26
2.3.6.4	<i>Grado de esterificación</i>	26
2.3.6.5	<i>Grado de metoxilación</i>	26
2.3.6.6	<i>Humedad</i>	27
2.3.6.7	<i>Peso equivalente (PE)</i>	29
2.3.7	<i>Estudios de extracción de pectina en frutos</i>	29
2.3.8	<i>Aplicaciones de las pectinas</i>	32
2.3.8.1	<i>Industria Cosmética</i>	32
2.3.8.2	<i>Industria Alimentaria</i>	32
2.3.8.3	<i>Sector Medicinal</i>	32
2.3.9	<i>Demanda de Pectina en el Ecuador</i>	32
2.4	<i>Métodos de extracción de pectina por hidrólisis</i>	33
2.4.1	<i>Hidrólisis ácida convencional</i>	33
2.4.2	<i>Hidrólisis ácida asistida por microondas</i>	33
2.4.3	<i>Hidrólisis Enzimática</i>	34
2.5	<i>Procesos que intervienen en el método de hidrólisis ácida convencional</i>	34
2.5.1	<i>Recepción y selección de la materia prima</i>	34
2.5.2	<i>Lavado de la fruta</i>	34
2.5.3	<i>Troceado de la fruta</i>	34
2.5.4	<i>Escaldado</i>	34
2.5.5	<i>Pulpeado</i>	35
2.5.6	<i>Filtración</i>	35

2.5.7	<i>Secado</i>	35
2.5.8	<i>Evaporación</i>	35
2.5.9	<i>Extracción sólido-líquido</i>	35
2.5.10	<i>Precipitación</i>	36
2.5.11	<i>Molienda</i>	36
2.5.12	<i>Tamizado</i>	36

CAPITULO III

3	MARCO METODOLÓGICO	37
3.1	Estudio técnico de la investigación	37
3.1.1	<i>Población de estudio</i>	37
3.1.2	<i>Localización</i>	37
3.1.3	<i>Ingeniería de la investigación</i>	38
3.1.4	<i>Tipo y diseño de investigación</i>	38
3.1.5	<i>Metodología de investigación</i>	38
3.1.5.1	<i>Método cuantitativo</i>	38
3.1.5.2	<i>Método científico</i>	39
3.1.5.3	<i>Líneas de Investigación</i>	39
3.1.6	<i>Enfoques de la investigación</i>	39
3.1.7	<i>Alcance de la investigación</i>	39
3.1.8	<i>Unidad de análisis</i>	39
3.1.9	<i>Selección de la muestra</i>	39
3.1.10	<i>Tamaño de la muestra</i>	40
3.1.11	<i>Técnicas de recolección de datos primarios y secundarios</i>	40
3.1.12	<i>Instrumentos de recolección de datos primarios y secundarios</i>	40
3.1.13	<i>Instrumentos para procesar datos recopilados</i>	41
3.1.14	<i>Identificación de variables</i>	41
3.1.14.1	<i>Variable independiente</i>	41

3.1.14.2	<i>Variable dependiente</i>	41
3.1.15	Operacionalidad de variables	42
3.1.16	Matriz de consistencia	44
3.2	Parte experimental	46
3.2.1	Diagrama de proceso para la extracción de pectina por hidrólisis ácida	46
3.2.2	Obtención de pectina a nivel de laboratorio	47
3.2.2.1	<i>Pretratamiento de la materia prima</i>	47
3.2.2.2	<i>Obtención de pectina por hidrólisis ácida</i>	52
3.2.3	Caracterización de la pectina obtenida	55
3.2.3.1	<i>Determinación del rendimiento de pectina (%Rend)</i>	55
3.2.3.2	<i>Determinación humedad (%H)</i>	56
3.2.3.3	<i>Determinación de cenizas (%C)</i>	57
3.2.3.4	<i>Determinación de peso equivalente (PE) y acidez libre (AL)</i>	58
3.2.3.5	<i>Determinación del porcentaje de metoxilo (%Me)</i>	59
3.2.3.6	<i>Determinación del grado de esterificación (%Ge)</i>	61
3.2.3.7	<i>Determinación del porcentaje de ácido anhídrido galacturónico (AAG)</i>	61

CAPITULO IV

4	MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	62
4.1	Discusión y análisis de resultados	62
4.1.1	<i>Discusión y análisis de resultados del pretratamiento de la materia prima</i>	64
4.1.2	<i>Discusión y análisis de resultados de la obtención de pectina mediante hidrólisis ácida</i>	66
4.1.3	<i>Discusión y análisis de resultados de la caracterización de la pectina obtenida</i>	68
4.2	Análisis por espectrofotometría infrarroja (IR)	74
4.3	Análisis inferencial	77
4.4	Diagrama de proceso para la obtención de pectina por hidrólisis ácida	78

4.5	Balance de masa detallado de cada etapa del proceso de obtención de pectina por hidrólisis ácida convencional.....	80
4.5.1	<i>Representación gráfica del pretratamiento de la materia prima (ETAPA 1).....</i>	81
4.5.1.1	<i>Recepción y selección de la materia prima</i>	81
4.5.1.2	<i>Lavado de la fruta</i>	81
4.5.1.3	<i>Troceado de la fruta.....</i>	82
4.5.1.4	<i>Escaldado.....</i>	82
4.5.1.5	<i>Pulpeado</i>	83
4.5.1.6	<i>Filtración, lavado y secado</i>	83
4.5.2	<i>Representación gráfica de pectina por hidrólisis ácida (ETAPA 2).....</i>	84
4.5.3	<i>Representación gráfica de la caracterización de la pectina (ETAPA 3)</i>	85
	CONCLUSIONES	86
	RECOMENDACIONES	87
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Taxonomía de la Pomarrosa Malaya.	8
Tabla 2-2: Composición química y valor nutricional de la fruta pomarrosa (<i>Syzygium malaccense L.</i>).....	13
Tabla 3-2: Composición química y valor nutricional de la piel de la fruta pomarrosa (<i>Syzygium malaccense L.</i>).....	13
Tabla 4-2: Principales componentes volátiles la fruta pomarrosa..... (<i>Syzygium malaccense L.</i>).....	14
Tabla 5-2: Requerimientos de FAO/WHO/JECFCA y propiedades de la pectina comercial cítrica.	29
Tabla 6-2: Caracterización fisicoquímica de las pectinas comerciales y la pectina extraída del tratamiento T3.....	30
Tabla 7-2: Rendimiento y la calidad para los métodos de extracción HMO y convencional.....	30
Tabla 8-2: Análisis químico de pectina a partir de manzana.	31
Tabla 9-2: Rendimiento de la pectina extraída de cascós de guayaba en distintos estados de madurez.....	31
Tabla 2-3: Variables independientes en el proceso de obtención de la pectina.....	41
Tabla 3-3: Variables dependientes en el proceso de obtención de la pectina.....	41
Tabla 4-3: Matriz de Operacionalidad de Variables Independientes	42
Tabla 5-3: Matriz de Operacionalidad de Variables Dependientes.....	43
Tabla 6-3: Aspectos Generales.....	44
Tabla 7-3: Aspectos Específicos	45
Tabla 8-3: Selección de la materia prima	47
Tabla 9-3: Balance de masa del troceado de la fruta.	48
Tabla 10-3: Balance de masa para el pulpeado de la fruta.....	49
Tabla 11-3: Medición de Grados Brix.....	50
Tabla 12-3: Cantidad de pulpa seca de pomarrosa obtenida.....	51
Tabla 13-3: Tiempo de extracción por hidrólisis ácida.....	53
Tabla 14-3: Obtención de pectina seca mediante hidrólisis ácida.....	54
Tabla 15-3: Porcentaje de humedad de la pectina	56
Tabla 16-3: Porcentaje de ceniza de la pectina	58
Tabla 17-3: Datos para determinación del peso equivalente y acidez libre.	59
Tabla 18-3: Datos para la determinación del porcentaje de metoxilo	60

Tabla 1-4: Resultados experimentales del proceso de extracción de pectina por hidrólisis ácida.	63
Tabla 2-4: Análisis descriptivo del pretratamiento de la materia prima mediante el uso de SPSS	65
Tabla 3-4: Análisis de varianza del pretratamiento de la materia mediante el uso de SPSS	66
Tabla 4-4: Análisis descriptivo del rendimiento de pectina mediante el uso de SPSS	67
Tabla 5-4: Análisis de varianza del rendimiento de pectina mediante el uso de SPSS	68
Tabla 6-4: Análisis descriptivo de la caracterización de la pectina mediante el uso de SPSS	72
Tabla 7-4: Análisis de varianza de la caracterización de la pectina mediante el uso de SPSS	73
Tabla 8-4: Resultados análisis IR T7.....	75
Tabla 9-4: Resultados análisis IR T8.....	76
Tabla 10-4: Resultados análisis IR T9.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Estructura de un fragmento	16
de cadena de ácido galacturónico.	16
Figura 2-2: Estructura Molecular Básica de la Pectina.....	18
Figura 3-2: Estructura de la pared celular primaria.	19
Figura 4-2: Representación de la homogalacturona	21
Figura 5-2: Representación de la estructura de RG-I	22
Figura 6-2: Representación de la estructura de RG-II.....	23
Figura 7-2: Representación simplificada de la estructura de arabinanas	24
Figura 8-2: Representación simplificada de la estructura de ARA-I.....	24
Figura 9-2: Alternativas para representar la cadena péctica	25
Figura 10-2: Clasificación de la Pectina.....	27
Figura 11-2: Pectina de bajo índice de metoxilo (HM)	28
Figura 12-2: Pectina de bajo índice de metoxilo (LM).....	28
Figura 13-2: Pectina de bajo metoxilo amidada	29
Figura 1-4: Análisis IR tratamiento T7	74
Figura 2-4: Análisis IR tratamiento T8	75
Figura 3-4: Análisis IR tratamiento T8	76
Figura 4-4: Diagrama del proceso de extracción de pectina.....	79
Figura 5-4: Diagrama de proceso de recepción y selección de la materia prima	81
Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021.....	81
Figura 6-4: Diagrama de proceso del lavado de la fruta.....	81
Figura 7-4: Diagrama de proceso del troceado de la fruta.....	82
Figura 8-4: Diagrama de proceso del escaldado de la fruta.....	82
Figura 9-4: Diagrama de proceso del pulpeado de la fruta.....	83
Figura 10-4: Diagrama de proceso de obtención de pulpa seca.....	83
Figura 11-4: Diagrama del proceso de extracción de pectina por hidrólisis ácida.....	84

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4: Peso de la pulpa seca obtenida en el pretratamiento	64
Gráfico 2-4: Selección del estado de madurez en relación con el rendimiento de la pulpa seca.....	64
Gráfico 3-4: Determinación del tipo de ácido a utilizarse en la hidrólisis ácida	67
Gráfico 4-4: Humedad y cenizas en la pectina	69
Gráfico 5-4: Peso equivalente en cada tratamiento	70
Gráfico 6-4: Acidez libre en cada tratamiento.....	70
Gráfico 7-4: Determinación del tratamiento óptimo para la extracción de pectina.....	71

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Organismos Reguladores de Pureza de Pectina.

Anexo B: Cronograma de actividades.

Anexo C: Presupuesto.

Anexo D: Datos experimentales obtenidos en el pretratamiento.

Anexo E: Datos experimentales obtenidos en la hidrólisis ácida.

Anexo F: Datos experimentales obtenidos en la caracterización de la pectina.

Anexo G: Resultados obtenidos en el pretratamiento.

Anexo H: Resultados obtenidos en el proceso de extracción de pectina.

Anexo I: Resultados obtenidos en la caracterización de las propiedades de calidad de la pectina.

Anexo J: Etapa del pretratamiento de la materia prima.

Anexo K: Etapa de hidrólisis ácida.

Anexo L: Etapa de caracterización de la pectina.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo optimizar el proceso de extracción de la pectina en la *Syzygium malaccense L.* (pomarroja) mediante hidrólisis ácida para obtener un agente gelificante. La obtención del material péctico se lo realizó con dos estados de madurez (madura y verde), dos ácidos (cítrico y tartárico) y tres niveles de pH (1,0; 2,0 y 3,0) obteniéndose 12 tratamientos mediante un experimento factorial del tipo 2AX2BX3CX3D bajo un diseño completamente al azar (DCA) y realizándose 3 repeticiones; el proceso a nivel de laboratorio se trabajó en tres etapas. En la primera se realizó el pretratamiento de la fruta para obtener la pulpa seca. En segunda se realizó la hidrólisis ácida para la extracción de la pectina. En la tercera se realizó la caracterización de la pectina analizándose el %H, %C, PE, AL, %Me, %Ge, %AAG y un análisis por espectrofotometría infrarroja (IR), donde se determinó la calidad. La optimización se la realizó mediante Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) utilizando el Análisis de varianza (ANOVA) mediante la prueba de Fisher, determinándose que el tratamiento adecuado es T9, con un rendimiento en pulpa seca de $3,66 \pm 0,29\%$, rendimiento de pectina de $20,63 \pm 0,56\%$, en un tiempo de extracción de 249,7 min., cumpliendo con los parámetros establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). El tratamiento T9 se lo realizó a partir de fruta verde, con ácido cítrico como agente extractor a pH 3, a una temperatura de solubilización ácida de 85 °C, temperatura de secado de 60 °C y un diámetro de partícula de 177 μm . Se recomienda que se continúe realizando investigaciones de la fruta, porque al realizar la hidrólisis se obtenía un colorante rojo el cual podría contener carotenoides, pigmentos orgánicos presentes en frutas y vegetales.

PALABRAS CLAVES: <POMARROSA (*Syzygium malaccense L.*)>, <HIDRÓLISIS ÁCIDA>, <OPTIMIZACIÓN>, <PECTINA>, <CARACTERIZACIÓN>.

LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS

Firmado digitalmente por LUIS
ALBERTO CAMINOS VARGAS
nombre de reconocimiento
(DN): c=EC, o=ICSIASIBA,
serialNumber=0602766874,
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Fecha: 2021.06.02 09:23:07
-05'00'



0071-DBRAI-UPT-IPEC-2021

ABSTRACT

The present research aims to optimize the process of pectin extraction from *Syzygium malaccense* L. (pomarrose) by acid hydrolysis to obtain a gelling agent. The pectic material was obtained with two stages of maturity (ripe and green), two acids (citric and tartaric) and three pH levels (1.0, 2.0 and 3.0), obtaining 12 treatments by means of a 2AX2BX3CX3D factorial experiment under a completely randomized design (CRD) and 3 replications. The process at the laboratory level was carried out in three stages. The first stage involved pretreatment of the fruit to obtain the dry pulp. In the second stage, acid hydrolysis was carried out to extract the pectin. In the third, the characterization of the pectin was carried out analyzing %H, %C, PE, AL, %Me, %Ge, %AAG and an analysis by infrared spectrophotometry (IR), where the quality was determined. Optimization was performed using Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), using the Social Sciences (SPSS) using Analysis of Variance (ANOVA) by Fisher's test. The appropriate treatment was determined to be T9, with a dry pulp yield of $3.66\pm 0.29\%$, pectin yield of $20.63\pm 0.56\%$, in an extraction time of 249.7 min. the parameters established by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). The T9 treatment was carried out from green fruit, with citric acid as an extracting agent at pH 3, at an acid solubilization temperature of 85 °C, drying temperature of 60 °C, and a particle diameter of 60 °C and a particle diameter of 177 um. It is recommended to continue research on the fruit, because the hydrolysis yielded a red colorant which could contain carotenoids, organic pigments present in fruits and vegetables.

KEY WORDS: <POMARROSE (*Syzygium malaccense* L.)>, <ACID HYDROLYSIS>, <OPTIMIZATION>, <PECTIN>, <CHARACTERIZATION>.

CAPITULO I

1 INTRODUCCIÓN

El Ecuador es un país biodiverso por sus zonas bioclimáticas que favorecen el crecimiento de especies vegetales y animales. La Constitución Política ecuatoriana establece el cambio de la matriz productiva para otorgar valor a la producción agropecuaria y de esta forma mejorar la economía en el país y en este sentido se busca la industrialización de materias primas no tradicionales, que pudieran convertirse en productos sostenibles y sustentables en el tiempo.

La *Syzygium malaccense* L. (pomarroza), es un árbol que se ha introducido en el Ecuador en climas tropicales a una altura máxima de 1700 msnm, es originario de Malasia, produce un fruto con propiedades similares a la manzana y la pera.

En países de Latinoamérica es reconocida por su fruto ya que en su composición contiene valores importantes de vitamina C, calcio, hierro y fósforo. El fruto se lo puede consumir con o sin cáscara, cuyo dulzor ha sido percibido con intensidades entre moderado y muy marcado con olor floral. La falta de estudios botánicos y el desconocimiento de las propiedades físicas y químicas de este fruto son algunas de las razones por las cuales no se tiene una comercialización como cualquier otro fruto en el ámbito comercial.

La pectina es un polisacárido funcional de gran interés para la industria en el desarrollo de productos alimenticios, farmacéuticos y cosméticos, posee un alto poder gelificante en el proceso de producción, generando una buena calidad en el producto final. Para la obtención del material péctico se conocen varios métodos de extracción tales como: extracción por microondas, extracción enzimática y extracción por hidrólisis ácida.

La extracción de pectina por hidrólisis ácida convencional es el método más utilizado a nivel mundial, por su bajo costo con relación a los demás métodos antes mencionados, el cual consta de varias operaciones unitarias en las que hay que controlar las variables de proceso para obtener un material péctico que esterifique con facilidad y que posea alto índice de metoxilación.

Si se desea obtener una pectina de calidad hay que tener en cuenta que al finalizar la extracción se debe realizar el análisis de caracterización, el mismo que se encuentra normada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y que se encarga de establecer valores mínimos y máximos de los parámetros de calidad como lo son: humedad máximo 12%, ceniza máximo 2,5%, peso equivalente, acidez libre < 1 , porcentaje de metoxilo mínimo 6,7%, grado de esterificación mínimo 60% y porcentaje de ácido anhídrido galacturónico mínimo 65%.

En la actualidad la pectina por el método convencional se la obtiene con ácidos muy fuertes de tipo inorgánico a escala industrial, principalmente con ácido clorhídrico, ácido nítrico, ácido fosfórico, etc., que son difíciles de recuperar y que generan un gran impacto al medio ambiente y además que en concentraciones elevadas son de alto riesgo para la salud. Por tal motivo se recomienda realizar su extracción mediante ácidos de tipo orgánico, como el ácido cítrico y el ácido tartárico los cuales están presentes en la mayoría de las frutas y que no generan un gran impacto al ecosistema.

El presente trabajo de investigación se lo realiza porque existen muy pocas investigaciones de extracción de pectina en el Ecuador. Las investigaciones con relación a extracción del material péctico a partir de la pomarrosa ha sido nulo, solo se tiene estudios de elaboración de jaleas a partir del fruto y eso es motivo de indagación y posteriormente la realización del trabajo experimental a nivel de los laboratorios de la ESPOCH y del grupo GIPRONAF para comprobar si tiene pectina la fruta pomarrosa en su composición.

1.1 Planteamiento del problema

La ciencia engloba cada uno de los intereses de la industria en general. Mantener un nivel de ciencia requiere un control exhaustivo de la calidad de los procesos y productos, garantizando la seguridad del personal y la del consumidor al proporcionarle productos con cumplimiento de la normativa vigente interna implementada. Este trabajo de investigación es importante ya que la obtención de pectina a partir de la pomarrosa es una gran alternativa para la elaboración de productos cosméticos, alimenticios, farmacéuticos, entre otros. Es pertinente abordar este tema debido al desconocimiento de las características organolépticas y la poca experimentación de la pomarrosa en nuestro país en la elaboración de alimentos (jaleas, mermeladas, almibares, etc.); además porque se tiene poco conocimiento de las propiedades nutricionales que posee, por lo cual se decide extraer la pectina presente en el fruto, siendo necesario evaluar la calidad y rendimiento de esta misma.

1.1.1 Situación problemática

La pomarrosa también conocida como pera de agua es una especie nativa del sureste de Asia., Esta fruta fue introducida en algunas de las provincias de la costa, sierra y oriente ecuatoriano gracias a empresarios visionarios. Debido a que existe poco conocimiento en nuestro país de sus propiedades nutricionales como medicinales, en época de cosecha tiende a caerse al suelo y posteriormente se descompone, pero también se conoce que en la postcosecha la fruta tiene un corto período de vida el cual es de 3 a 6 días a temperatura ambiente.

Esta investigación se realizará con la finalidad de optimizar el proceso de extracción de la pectina presente en la pomarrosa que se encuentra cultivada en el cantón de Shushufindi, Provincia Sucumbíos mediante el método de hidrólisis ácida como aporte a la industria para la elaboración de productos cosméticos, alimenticios, farmacéuticos, entre otros. La parte experimental tendrá lugar en los laboratorios de Productos Naturales, Calidad del Agua, Investigación, Instrumental y Química General e Inorgánica de la Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con el aval del Grupo de Investigación GIPRONAF.

1.2 Formulación del problema

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo existen pocos trabajos sobre la extracción de pectina a partir de frutos. En el contexto internacional existen artículos científicos publicados sobre la extracción de pectina en algunos frutos, pero no existen trabajos de obtención de pectina a partir de la fruta pomarrosa.

De acuerdo a la inexistencia en el Ecuador de industrias dedicadas a la obtención de pectinas y sobre todo de la importancia a nivel industrial, se ha planteado la hidrólisis ácida como método para extraer la pectina de la Pomarrosa, para lo cual se utilizará dos estados de madurez, dos tipos de ácidos (ácido tartárico y ácido cítrico) y tres niveles de pH del agua acidulada (1,0; 2,0 y 3,0) para la extracción de pectina; evaluándose rendimiento, porcentaje de metoxilo, porcentaje de ácido galacturónico y tiempo de extracción de la pectina mediante un experimento factorial del tipo 2AX2BX3CX3D bajo un diseño completamente al azar (DCA) con 3 repeticiones, donde se tomará en cuenta los valores óptimos de las variables de proceso de extracción de pectina tales cómo pH, tiempo de extracción, temperatura de extracción y temperatura de secado, también se realizará la caracterización de la pectina extraída como el porcentaje de ácido galacturónico, peso equivalente,

acidez libre, porcentaje de metoxilo y grado de esterificación y de esa manera poder determinar la calidad de la pectina de la pomarrosa.

Para lo cual se realizará una optimización del proceso de obtención de pectina, tomando en cuenta los conceptos de ingeniería para determinar los valores óptimos de cada variable en cada operación unitario que compone la metodología de hidrólisis ácida, mediante los resultados obtenidos se identificará el tratamiento adecuado mediante la utilización de un análisis estadístico con SPSS en el que se analizará el rendimiento en relación con el tipo de ácido orgánico utilizado, pH, grado de esterificación y porcentaje de metoxilo. Mediante el aporte ingenieril se buscará promover el desarrollo de la industria química nacional, aprovechando de la mejor manera los recursos y materias primas que se tienen en el territorio.

1.3 Preguntas directrices o específicas de la investigación

¿Para qué sirve la investigación?

La investigación tiene como objetivo la optimización del proceso de extracción de pectina a partir de la *Syzygium malaccense* L. (pomarrosa) utilizando hidrólisis ácida, con el fin de determinar las variables de procesos y los valores óptimos para obtener una pectina de gran poder gelificante.

¿Qué resultados se esperan obtener?

Mediante la experimentación se espera determinar cuál de los tratamientos presenta las mejores condiciones para obtener pectina mediante las operaciones de procesos unitarios que intervienen en el método de extracción de hidrólisis ácida y de esa manera promover el desarrollo en la industria de cosméticos, alimenticios y farmacéuticos a nivel nacional mediante el aprovechamiento de los recursos y materias primas que se encuentra en el territorio, impulsando el cambio de la matriz productiva.

¿Quiénes son los beneficiarios?

Los beneficiarios directos serán las industrias ecuatorianas, que se nutrirán de esta investigación para la elaboración de productos cosméticos, alimenticios, farmacéuticos, entre otros.

Los beneficiarios indirectos será la comunidad científica, al obtener mayor conocimiento sobre la extracción y caracterización del material péctico presentes en los frutos exóticos que se tienen en nuestro país tales como cauje, caimito, chirimoya, fruta de pan, etc.

¿Qué aportes dejará?

El aporte que dejará esta investigación es conocimientos a la comunidad científica sobre el proceso investigativo y experimental para optimizar las variables de procesos como cómo pH, tiempo de extracción, temperatura de extracción y temperatura de secado las cuales son de vital importancia en el método de extracción de pectina mediante hidrólisis ácida y servirá para futuras investigaciones de frutos exóticos que se encuentran en el Ecuador.

1.4 Justificación de la investigación

La pectina es un polisacárido con un gran poder de gelificación, de alto uso industrial que se obtiene de las cortezas de frutos y vegetales, en el Ecuador no existen industrias que genere este tipo de aditivos alimenticios, motivo el cual el trabajo de titulación se enfocará en la optimización del proceso de obtención de la pectina que contiene la fruta *Syzygium malaccense* L. (pomarrosa) debido a que de manera artesanal se la utiliza como agente gelificante. El presente trabajo de investigación permitiría mostrar a la comunidad científica los avances investigativos sobre la optimización de variables de procesos que compone la extracción de pectina por hidrólisis ácida y también se profundizará sobre los conocimientos teóricos tanto de la pectina como de la fruta pomarrosa y de esa manera poder dar lugar a futuras investigaciones en otros frutos exóticos. El resultado esperado es determinar cuál de los tratamientos es el óptimo para obtener una pectina de alto rendimiento y de gran calidad. Esta investigación es de vital importancia para dar el siguiente paso para crear una alternativa rentable al creciente desarrollo Agroindustrial, mostrando al mercado un avance.

1.5 Objetivos de la investigación

1.5.1 General

Optimizar el proceso de extracción de la pectina presente en la *Syzygium malaccense L.* (pomarroza) haciendo uso de la hidrólisis ácida con el fin obtener un agente gelificante.

1.5.2 Específicos

- a. Identificar las variables de proceso que intervienen en la obtención de pectina a partir de la *Syzygium malaccense L.* (pomarroza), mediante la experimentación en el laboratorio por medio de la metodología de hidrólisis ácida.
- b. Determinar el rendimiento de cada tratamiento mediante la relación de la pectina obtenida y la materia prima seca ingresada en el proceso de extracción.
- c. Caracterizar las propiedades fisicoquímicas de la pectina extraída, mediante la aplicación de análisis químicos proximal.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

La optimización del proceso de obtención de la pectina presente en la pomarroza *Syzygium malaccense L.* (pomarroza) mediante hidrólisis ácida determinará los valores óptimos de cada variable de operación para obtener un material péctico de alto poder gelificante y gran calidad.

1.6.2 Hipótesis específicas

- a. La identificación de las variables de proceso para la obtención de la pectina presente en la pomarroza permitirá optimizar el método de extracción por hidrólisis ácida.
- b. La determinación del rendimiento de pectina a partir de Pomarroza será mayor utilizando ácido cítrico o ácido tartárico en la hidrólisis ácida.
- c. La caracterización de las propiedades fisicoquímicas de la pectina de la pomarroza determinará si de gran calidad comparándola con las propiedades de pectina de grado comercial.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1 Definición de Pomarrosa (*Syzygium malaccense*)

La Pomarrosa pertenece a la familia de Myrtaceae. Se conoce localmente como la "manzana malaya" y se encontró originalmente en Malasia e India. La pomarrosa es una fruta que ha sido bautizada con el curioso nombre de manzana rosa; sin embargo, se advierte que no se parece en absoluto a una manzana, ni sus frutos y ni su árbol. La pomarrosa en su distribución nativa se produce en las selvas tropicales (Pazmiño et al., 2017: pp.2).

2.1.1 Origen y distribución

La pomarrosa es nativa de las Indias Orientales y Malaya que se ha cultivado y naturalizado en muchas partes de la India, Ceilán, la antigua Indochina y las islas del Pacífico. Se introdujo en Jamaica en el año de 1762 y llegó a estar bien distribuida en las Bermudas, las Bahamas, las Antillas y en elevaciones medias y bajas, desde el sur de México hasta Perú. En Guatemala, el árbol se planta como postes vivos o como barreras alrededor de las plantaciones de café. Para lo cual, se realiza una poda muy drástica para evitar el crecimiento denso. Además, este árbol es silvestre y crece en abundancia, formando pomarrosales y matorrales, en Puerto Rico, las Islas Vírgenes, Guatemala, Honduras y Panamá. En 1825, ocho árboles jóvenes fueron llevados desde Río de Janeiro a Hawái por barco, y, en 1853, un buque de guerra de Estados Unidos entregó árboles de aguacate y pomarrosa de América Central a la Isla de Hilo. La manzana de rosa se naturalizó en las islas de Kauai, Molokai, Oahu, Maui y Hawaii. En 1893, se informó de que ya se cultivaba en Ghana, es semi-naturalizado en algunas zonas del oeste de África tropical y en las islas Zanzíbar, Pemba y Reunión. Se cree que se plantó por primera vez en Queensland, Australia, alrededor de 1896. Un árbol obtenido de un vivero de Italia ha crecido y fructificado en la planicie costera de Israel (Balán. et al., 2017: pp.8).

Este árbol piramidal se lo siembra en los trópicos americanos y africanos. La manzana de rosa fue introducida en la Florida, en Jacksonville, antes de 1877, pero, en California, se planta tan al norte

como San Francisco, por su follaje y flores ornamentales (Smith, 2005; citado en Balán. et al., 2017: pp.9).

2.1.2 Zonas del Ecuador donde se cultiva

En el Ecuador crece en climas tropicales y pocas veces en húmedos a una altura máxima de 1700 msnm, la podemos encontrar en variadas partes del país como a lo largo las regiones Costa específicamente en la provincia del Guayas, Los Ríos; en la Sierra se la puede encontrar en la provincia de Santo domingo, en el cantón La concordia, es utilizado el tallo por los pobladores para hacer artesanía con su madera, en el Oriente se lo puede encontrar en las Provincias de Sucumbíos y Napo, donde lo utilizan como árbol ornamental, como generador de leña y carbón vegetal (Filian y Velásquez. 2017: pp.23).

2.1.3 Clasificación taxonómica

Tabla 1-2: Taxonomía de la Pomarrosa Malaya.

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae
Subfamilia	Myrtoideae
Tribu	Syzygieae
Género	Syzygium
Especie	Syzygium Malaccense

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

Fuente: Pazmiño y Zea, 2017. (Taxonomía de la Pomarrosa)

2.2 Descripción botánica del árbol de *Syzygium malaccense* L. (pomarrosa)

La pomarrosa es un árbol de rápido crecimiento, que alcanza una altura entre 12 y 18 m cuando se encuentra completamente desarrollado. Tiene un tronco erecto y una corona piramidal o cilíndrica (Martin et al., 1987; citados en Fernandes y Rodrigues, 2012: pp.245). Además, posee una densa copa de ramas bien esparcidas, a menudo la anchura total es superior a la altura. Sus ramas pueden

extenderse hasta 6 metros desde el tronco. Para la producción de frutos se requiere un sitio a plena exposición solar. A pesar de que su producción es mejor en sitios donde hay distinta sequía, esta especie se adapta a zonas muy húmedas con suelos pobres y pedrosos. La pomarrosa también florece en los climas tropicales o cerca de los tropicales. La producción de la pomarrosa comienza a los 4 o 5 años (Balán. et al., 2017: pp.6).

2.2.1.1 Características del suelo para la siembra de la pomarrosa malaya

El árbol de pomarrosa crece muy fácilmente en varios tipos de suelos desde arena hasta la arcilla pesada. Es muy tolerante a varios tipos de suelo ácidos, presenta reacción contraproducente en suelos básicos o alcalinos. En cuanto a los requisitos de suelo no demanda muchos cuidados solamente debe estar cerca de grandes afluentes de agua (Pazmiño y Zea, 2017: pp.14).

2.2.1.2 Método de siembra

Las condiciones de germinación varían entre las especies de semillas, pero se debe tener en cuenta lo siguiente:

- d. **Frescura:** las semillas se deben sembrar cuando están frescas, recién cosechado el fruto. Algunas especies de semillas germinan mejor después del almacenamiento, pero no se recomienda. Generalmente, las semillas almacenadas pierden viabilidad y tardan más en germinar (Pazmiño y Zea, 2017: pp.15).

- e. **Almacenaje:** las semillas almacenadas a menudo necesitan un pretratamiento antes de la germinación. Varias especies necesitan empaparse en agua caliente durante 24 horas antes de la siembra. Se recomienda no sumergir las semillas durante mucho tiempo, porque pueden desnaturalizarse. En las semillas grandes, se recomienda cortarlas un poco para exponer el embrión. En las semillas más pequeñas se debe escarificar, es decir, rebanar la cubierta para que la humedad y el oxígeno lleguen al embrión (Pazmiño y Zea, 2017: pp.15).

- f. **Ablandamiento de la cubierta de la semilla:** las semillas se deben empapar y ablandar en ácido suave o hipoclorito de sodio. Después se deben lavar bien para eliminar residuos

antes de sembrar en el compost. El hipoclorito de sodio se puede utilizar a una concentración diluida al 10%, con mucho cuidado para esterilizar la semilla y eliminar los hongos. Se puede emplear alcohol etílico para empaparlas a una concentración entre 37,5% - 42%, para disolver las ceras duras de la cubierta. (Pazmiño y Zea, 2017: pp.16).

- g. **Hormonas:** el uso de hormonas como el etileno, la giberelina y la citoquinina pueden desencadenar reacciones químicas en las semillas. Se recomienda que se usen las tres hormonas juntas para mejorar su eficacia (Pazmiño y Zea, 2017: pp.16).
- h. **Profundidad:** la profundidad para la siembra de las semillas es proporcional a la medida de estas. Cuantas más pequeñas, más superficiales. Una profundidad excesiva puede causar que las primeras hojas alcancen la superficie (Pazmiño y Zea, 2017: pp.16).
- i. **Temperatura:** las semillas suelen tener una temperatura óptima para germinar, como muchas especies subtropicales necesitan desarrollarse a temperatura ambiente, la temperatura adecuada es de unos 25 °C (Pazmiño y Zea, 2017: pp.16).
- j. **Lavados tallo del sauce:** la corteza produce un líquido que actúa de manera similar a varias hormonas vegetales. Las semillas empapadas de este extracto germinan más rápido (Pazmiño y Zea, 2017: pp.17).

Cuando las semillas han germinado, no necesitan demasiada humedad, el exceso podría matarlas. Los plántones se colocan en macetas hasta que se realice la siembra, el tiempo dependerá de la especie. Se debe seleccionar un tipo de suelo adecuado para cada una. Los plántones jóvenes se lo deben plantarlos bajo sombra y con una buena aclimatación para mejorar su supervivencia. (Lyle, 2011; citado en Pazmiño y Zea, 2017: pp.17)

2.2.2 Hojas

Las hojas del árbol pomarrosa son vivaces son opuestas, de pecíolo corto, elípticas lanceoladas u oblanceoladas, las cuales llegan a medir de 15 a 45 cm de largo y 9 a 20 cm de ancho (Martin et al., 1987; citados en Fernandes y Rodrigues, 2012: pp.245).

De acuerdo con varios estudios y pruebas preliminares se ha determinado que los extractos acuosos de las hojas tienen un efecto hipoglucemiante e hipotensor, cuando estas se someten a fraccionamiento con acetato de etilo. Se utiliza para tratar infecciones de la boca y la garganta, como purgante y también para aliviar el catarro. La decocción de las hojas se aplica a los ojos irritados, también sirve como diurético y expectorante y para el tratamiento del reumatismo (Balán, et al., 2017: pp.9).

2.2.3 Flores

Las flores son de tamaño grande y de color blanco o blanco amarillo, aparecen en agrupaciones terminales de dos a ocho flores. En el Ecuador estas florecen entre los meses de agosto a septiembre, son abundantes, ligeramente con olor a rosas y nacen en la parte superior del tronco y a lo largo de las porciones sin hojas de las ramas maduras. Las flores crecen en tallos cortos, racimos de 2-8 cm y son de color rosa a rojo oscuro (Martin et al., 1987; citados en Fernandes y Rodrigues, 2012: pp.245).

2.2.4 Frutos

La fruta manzana malaya es oblonga, ovoide o en forma de campana. Tiene una longitud que varía de 5 a 10 cm y un diámetro de 2 a 8 cm en su parte más ancha. La piel es de color rosa o rojo y es muy lisa. El fruto presenta una pulpa blanca y jugosa, ligeramente dulce, pero también es altamente ácida. Tiene una sola semilla de color marrón claro y casi redonda de aproximadamente 2 cm de diámetro. Cada fruto pesa alrededor de 39 ± 2 g, la mayor parte del peso se refiere a la pulpa de la fruta 30 ± 2 g, seguido de la semilla (7 ± 1 g) y la piel 2 ± 1 g (Augusta et al., 2010; citados en Fernandes y Rodrigues, 2012: pp.245).

2.2.4.1 Temporada de cosecha

En la región de Indochina, el árbol florece en mayo y junio y los frutos maduran en agosto y septiembre. En India, su cosecha principal se produce de mayo a julio y suele haber una segunda cosecha en noviembre y diciembre. En el Caribe y en Brasil, el árbol florece 2 o 3 veces al año (primavera, verano y otoño) pero las cosechas más importantes son durante la primavera y estaciones de floración de otoño. En el Ecuador se conoce que el fruto crece en los meses de

octubre y noviembre y se madura en los meses de diciembre y enero, en los cuales está listo para realizar la cosecha. Los frutos maduran en aproximadamente 60 días después de la apertura completa de las flores. La fruta por lo general se cae rápidamente después de madurar por completo y se deteriora muy rápido. La recolección se realiza a mano. No existen datos sobre la producción mundial o regional de pomarrosa, pero se estima que cada árbol produce de 20 a 80 kg de fruta por temporada (Fernandes y Rodrigues, 2012: pp. 245).

2.2.4.2 *Conservación de Cosecha y Postcosecha*

Los frutos de *S. malaccense* son muy perecederos y tienen una vida útil corta, que varía de 3 a 6 días después de la cosecha. Cada fruta debe recogerse cuidadosamente del árbol y mantenerse a temperatura ambiente de 28 °C. La susceptibilidad de Manzanas malayas al frío es incierta, si bien algunos investigadores informan que la fruta se deteriora rápidamente en el refrigerador.

Según un estudio realizado por Basanta y Sankat (1994), se ha demostrado que la temperatura óptima de almacenamiento es de 5 °C y eso bajo esta condición los frutos aumentan su vida útil a 30 días y presentan una disminución del color de la piel.

El almacenamiento debe realizarse de preferencia en una sala completamente oscura, ya que la fruta se deteriora más rápidamente cuando se expone a la luz. La exposición a la luz desvanece el color rojo brillante de la piel de la fruta, la cual puede causar que se pierdan algunas propiedades nutricionales (Fernandes y Rodrigues, 2012: pp. 245-246).

2.2.4.3 *Composición química y valor nutricional*

La fruta pomarrosa no es una fuente importante de vitaminas en particular, pero posee una cantidad regular de vitaminas B1 y B2 comparada con otras frutas comunes. Las manzanas malayas tienen de 0,2 a 1,1 mg de volátiles por 100 g de pulpa de fruta (base húmeda), dependiendo de la variedad. Las variedades de Indochina presentan el menor contenido de volátiles, mientras que la variedad cultivada en las Américas presenta el mayor contenido volátil. (Pino et al., 2004; citados en Fernandes y Rodrigues, 2012: pp. 247).

A continuación, se presentan tablas sobre la composición química de la fruta:

Tabla 2-2: Composición química y valor nutricional de la fruta pomarrosa (*Syzygium malacense L.*)

Componente	Cantidad por 100 g de porción comestible	Unidad
Humedad	88,0 ± 4,0	g
Grasa	0,2 ± 0,1	g
Fibra	0,7 ± 0,1	g
Proteína	0,6 ± 0,1	g
Ceniza	0,3 ± 0,1	g
Calcio	5,7 ± 0,2	mg
Hierro	0,5 ± 0,3	mg
Fósforo	14,7 ± 3,2	mg
Vitamina A	7,0 ± 4,0	UI
Vitamina C	11,7 ± 5,2	mg
Vitamina B1 (Tiamina)	27,0 ± 12,0	mg
Vitamina B2 (Riboflavina)	30,0 ± 10,0	mg
Vitamina B3 (Niacina)	0,3 ± 0,1	mg

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

Fuente: Fernandes y Rodrigues, 2012. (Exotic Fruits Reference Guide)

El contenido de antocianinas disminuye en relación con el tiempo de almacenamiento. Las manzanas malayas pueden perder hasta un 70% de su contenido de antocianinas en 10 días después de la cosecha y hasta el 95% en 30 días de almacenamiento (Sankat et al., 2000; citados en Fernandes y Rodrigues, 2012: pp. 248).

Tabla 3-2: Composición química y valor nutricional de la piel de la fruta pomarrosa (*Syzygium malaccense L.*)

Componente	Cantidad por 100 g de piel	Unidad
Humedad	14,1 ± 0,4	g
Grasa	4,5 ± 0,1	g
Fibra	9,3 ± 0,2	g
Proteína	8,6 ± 0,2	g
Azúcares	3,0 ± 0,4	g
Ceniza	4,2 ± 0,4	g
Vitamina C	292,6 ± 0,8	mg
Antocianinas	300,5 ± 0,5	mg

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

Fuente: Augusta et al., 2010; citados en Fernandes y Rodrigues, 2012. (Exotic Fruits Reference Guide)

El contenido de volátiles en la fruta le da un olor a rosa con un ligero olor dulce y herbáceo. Existen componentes menores que incluyen otros compuestos aromáticos, monoterpenoides, hidrocarburos sesquiterpénicos y compuestos alifáticos tales como: alcoholes, aldehídos, cetonas y ésteres (Wong y Lai, 1996; citados en Fernandes y Rodrigues, 2012: pp. 247)

Tabla 4-2: Principales componentes volátiles la fruta pomarrosa (*Syzygium malaccense L.*)

Constitución	Concentración (mg / kg)	Unidad de olor (ouE)
Etanol	1,77	<1
1-Propanol	0,77	<1
1-Octen-3ol	0,32	320,0
(Z)-3-Hexanol	0,16	2,3
1-Hexanol	0,14	<1
Isobutanol	0,12	<1
Alcohol isoamílico	0,11	<1
Hexanal	0,09	18,0
Acetato de etilo	0,08	16,0
Diacetilo	0,05	12,5

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

Fuente: Pino et al., 2004; citados en Fernandes y Rodrigues, 2012. (Exotic Fruits Reference Guide)

2.2.4.4 Características sensoriales

Los frutos maduros presentan una fragancia similar al de las rosas. Su sabor ha sido descrito como crujiente, acuoso, terroso, insípido y ligeramente dulce. En la mayoría de los casos, su sabor se asemeja al sabor de las uvas verdes. Algunas variedades son astringentes y presentan un ligero gusto amargo. La textura de una manzana malaya madura es similar a la textura de las peras. Algunas frutas son más esponjosas que otras. La decoloración del color rojo brillante de la piel aumenta con el tiempo de almacenamiento y la decoloración es más lenta en las frutas almacenadas bajo la luz y a una temperatura de 5 °C (Sankat et al., 2000; citados en Fernandes y Rodrigues, 2012: pp. 248).

2.2.5 Fitoquímicos

Muchas especies frutales de la familia Myrtaceae son de gran importancia y son reconocidos por su alto valor nutricional y por ser fuentes de compuestos bioactivos. En Brasil, por ejemplo, algunas

especies de frutas nativas pertenecientes a esta familia exhiben actividad contra obesidad y sus complicaciones asociadas, y puede mejorar la glucosa y el metabolismo, así como atenuar la dislipidemia y la inflamación en ensayos con animales (Donado et al., 2018; citados en Farias et al., 2020: pp. 3).

2.2.5.1 *Carotenoides*

Son pigmentos naturales presentes en las plantas que promueven la coloración amarillo, naranja y rojo en diversas frutas y verduras. Aunque se encuentran en bajas concentraciones en los alimentos, los carotenoides son fitoquímicos que se están presentes entre los componentes alimentarios más importantes y estimulantes, porque se consideran sustancias bioactivas que promueven diversos beneficios para la salud (Rodríguez et al., 2008 citados en Farias et al., 2020: pp. 10).

2.2.6 *Plagas y Enfermedades*

2.2.6.1 *Plagas*

Oruga defoliadora de frondosas (*Euproctis chrysorrhoea L*): los daños ocasionados por este lepidóptero se originan a raíz de su alimentación en estado de oruga en los estados larvarios durante la primavera se alimentan de la parte exterior de la hoja, dejando las nerviaciones intactas. Se aconseja utilizar una pulverización microbiológica preventiva con (*Bacillus thuringiensis*) durante la época de eclosión de huevos y durante la formación del capullo (Pazmiño y Zea, 2017: pp.20).

Mosca blanca (*Dialeurodes citri*): realizan picaduras en las hojas, de las cuales se extraen la savia generando un debilitamiento generalizando de la planta, incluso la pérdida de calidad del fruto además segrega melaza sobre el cual se instala el hongo negrilla. Se recomienda la colocación de trampas cromotrópicas (trampas pegajosas amarillas) para la captura de adultos, y también se debe mantener un buen estado sanitario del árbol por medio de una correcta poda que favorezca la aireación y elimine el exceso de vegetación (Pazmiño y Zea, 2017: pp.20).

2.2.6.2 *Enfermedades*

Antracnosis (*Colletotrichum gloesporioides Glomerella cingulata*): es una descomposición blanda que aparece cuando el fruto ha desarrollado por lo menos hasta la mitad de su tamaño. En general

los síntomas son más comunes sobre la cosecha. Las lesiones son circulares, deprimidas y de color pardo claro. En condiciones de alta humedad sobre los acérvulos se producen masas de conidios (esporas) de color salmón crema. Durante la época de poda se deben retirar todos los frutos momificados que hayan quedado en el árbol. El material enfermo debe ser retirado y quemado (Pazmiño y Zea, 2017: pp.21).

2.3 Pectina

La pectina, es un polisacárido ácido complejo presente en la naturaleza como una biomacromolécula, que se compone principalmente de ácidos poligalacturónicos, coloides (poliuronidos derivados del ácido galacturónico $\text{CHO}(\text{CHOH})_4\text{COOH}$), que se encuentran en los tejidos de las plantas (Nelson, 1981; citado en Quispe y Vera, 2017: pp.27).

Bioquímicamente la pectina se define como un grupo de polisacáridos altamente ricos en ácido galacturónico, con unidades de arabinosa y galactosa en intervalos raros; donde tienen la capacidad de presentar ramosa, fructosa y xilosa. Los fragmentos de ácido galacturónico presentan una forma piranosa, como se observa en la figura 1-2 (Ramírez y Zambrano, 2019: pp.9).

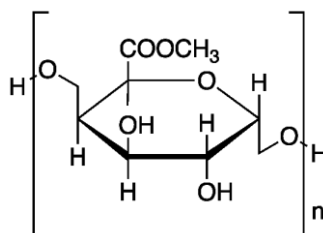


Figura 1-2: Estructura de un fragmento de cadena de ácido galacturónico.

Fuente: Ramírez y Zambrano, 2019.

Ampliamente utilizado en la industria de alimentos como gelificante en mermeladas y jaleas, espesante, emulsificante y estabilizante en productos lácteos, margarinas, mayonesa y salsas o sustitutos de la grasa en confitería y en helados (Chaparro, et al., 2015: pp.2).

Hasta ahora, muchas investigaciones han demostrado que la pectina tiene diversas bioactividades incluyendo efectos antioxidantes, anticancerígeno e hipoglucemiante. La actividad antioxidante es una actividad biológica común de la pectina, que también es un objetivo importante para medir la calidad de la pectina extraída (Sun, et al., 2020: pp.1)

2.3.1 Historia de la pectina

En 1790, el naturalista, farmacéutico y químico francés, Louis Nicolás Vauquelin observó por una sustancia soluble presentes en los zumos de las frutas, de esa manera se conoció por primera vez las sustancias pécticas, gracias a los aportes del naturalista (Navarro y Navarro, 1985; citados en Quispe y Vera, 2017: pp.27).

En 1824, fue aislada el científico Henri Braconnot, quien continuó con los trabajos del Bqf. Louis Nicolás Vauquelin y a esta sustancia la denominó pectina. En su investigación menciona el hallazgo en gran variedad de tejidos vegetales, de una sustancia con propiedades medianamente solubles en agua a temperatura ambiente, llegando a observar que la solubilidad aumenta proporcionalmente con el aumento de la temperatura y precipita muy fácilmente con etanol, además describe la capacidad de coagularse en una gelatina incolora y transparente, a pH bajos y en presencia de azúcares, que posee un gran poder de gelificación, del surge el nombre ácido péctico, que proviene del griego “pektos” y significa sólido, denso y coagulado (Nelson, 1981; Navarro y Navarro, 1985; citados en Quispe y Vera, 2017: pp.27-28).

Para 1848, se conocen algunas variedades de sustancias pécticas, las cuales varían en solubilidad y extracción, siendo Fremy quien encontró por primera vez la existencia de un precursor péctico insoluble en agua, denominado más adelante protopectina por Tschirch (Canteri, et al., 2012; citados en Quispe y Vera, 2017: pp.28)

Entre 1920 y 1940 se estableció la producción de pectinas en escala comercial en algunos países, llegando a formar una parte muy importante en el comercio internacional (Nelson, 1981; citado en Quispe y Vera, 2017: pp.27).

En 1924, Smolenski fue el primero en sugerir que la pectina era un polímero muy complejo, comparando su estructura con el almidón, siendo el análisis de rayos X muy importante para comprobar su hipótesis, lo cual le permitió realizar la identificación del componente principal presente en las pectinas, denominado ácido poligaracturónico. (Canteri, et al., 2012; citados en Quispe y Vera, 2017: pp.28).

En 1944, el comité para la revisión de la nomenclatura de sustancias pécticas, les definió como: “Sustancias coloidales que se encuentran en las plantas y contienen una gran proporción de ácido

galacturónico; los grupos carboxilo de estos ácidos pueden estar esterificados por metanol en una proporción variable, parcial o completamente neutralizado por uno o varios cationes metálicos” (Navarro y Navarro, 1985; citados en Quispe y Vera, 2017: pp.28).

En 1951, Kertesz, definió a los ácidos pectínicos como sustancias solubles en agua, de grado de metilación variadas, que tienen la capacidad de formar geles con azúcar y ácido, bajo condiciones determinadas de temperatura. Por otro lado, su terminología ha variado mucho, actualmente se consideran pectinas a los grupos heterogéneos polisacáridos, ácidos complejos de naturaleza coloidal que poseen un esqueleto de residuos de ácido galacturónico (Kertesz, 1951; Bonner y Vamer, 1965; citados en Quispe y Vera, 2017: pp.28).

2.3.2 Estructura Química de la Pectina

La pectina es un carbohidrato complejo, que contiene al menos 65 % de unidades de ácido galacturónico, C₆H₁₀O₇. Las cadenas de pectina se encuentran formadas por anillos de este ácido, cuyo número varía desde algunos centenares, hasta alrededor de 1000. Cada anillo de la cadena posee un grupo carboxilo (-COOH), que puede estar esterificado con metanol, produciendo ésteres metílicos (-COOCH₃), o quedar neutralizado por una base, como se esquematiza en la cadena con cuatro anillos de ácido (figura 2-2) (Zegada, 2015: pp.66).

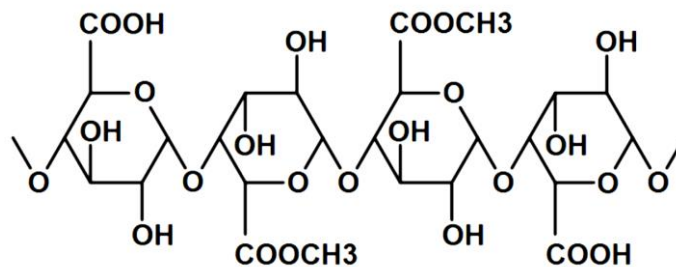


Figura 2-2: Estructura Molecular Básica de la Pectina.
Fuente: Zegada, 2015. (Biomacromolécula compleja)

2.3.3 Localización biológica de la pectina

La pectina consiste en un conjunto de polisacáridos que se encuentran en la pared celular y son muy abundantes en las partes no leñosas de las plantas. (Navarro y Navarro, 1985; citados en Quispe y Vera, 2017: pp.27-28).

La pared celular vegetal es una matriz compleja que define las propiedades individuales de las células presentes en las plantas, esta le caracteriza de manera morfológica y juega un papel importante en la comunicación entre células, la pared celular puede contener diferentes carbohidratos como: celulosa, hemicelulosa y polisacáridos pécticos; así como también proteínas, lignina y sustancias incrustadas como cutina, suberina y compuestos inorgánicos. Esta estructura compleja se encuentra en las células vegetales de dos maneras por lo que generalmente se ha dividido en dos tipos: una pared celular primaria fina (figura 3-2) y una secundaria más gruesa (Bonner y Vamer, 1965; citados en Quispe y Vera, 2017: pp.28-29).

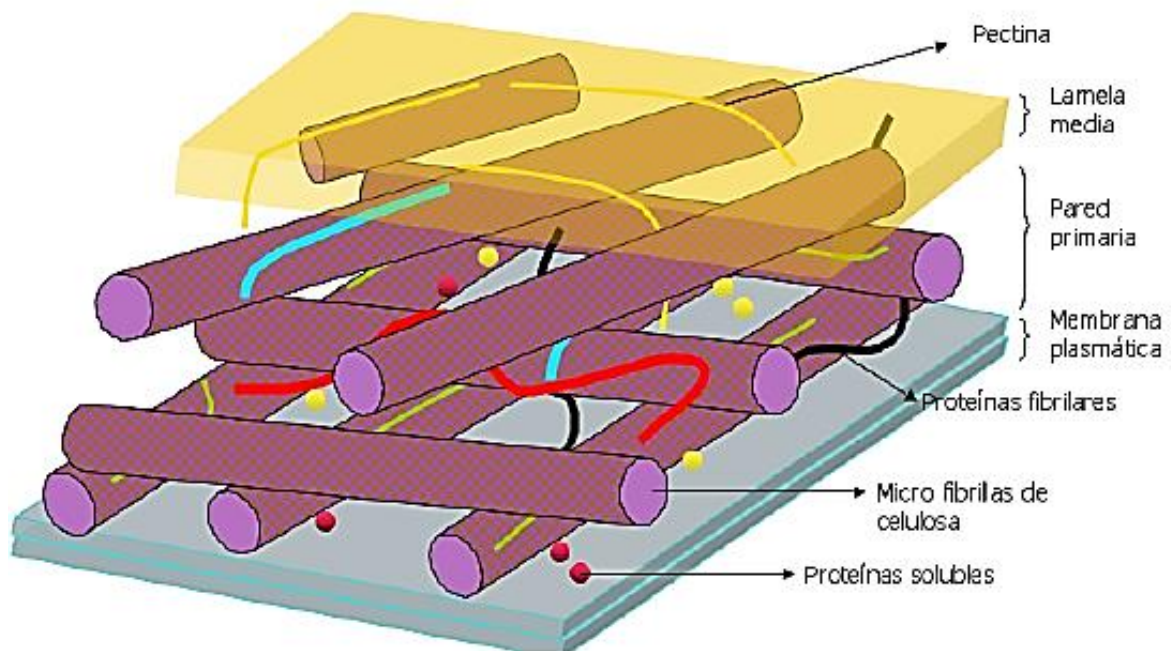


Figura 3-2: Estructura de la pared celular primaria.

Fuente: Quispe y Vera, 2017.

2.3.4 Clasificación de las sustancias pécticas

La palabra pectina se usa de manera universal para designar “sustancias pécticas”. De acuerdo con el número de grupos carboxílicos esterificados en la cadena o polímero, se tiene la siguiente clasificación:

2.3.4.1 Ácidos pécticos

Son sustancias que se encuentran compuestas por ácidos poligalacturónicos prácticamente libres de grupos metoxilo. Las sales de estos ácidos se conocen como pectatos y reaccionan fácilmente con iones calcio presentes en las células produciendo compuestos insolubles en los jugos de frutas, dando como resultado un precipitado visible comúnmente en la separación de fases en los néctares (Quispe y Vera, 2017: pp.37).

2.3.4.2 Ácidos pectínicos

Son ácidos poligalacturónicos coloidales que poseen una aceptable proporción de grupos metil-ester. Estos ácidos, bajo condiciones adecuadas tienen la capacidad de formar geles con azúcar y ácidos, o en presencia de un bajo contenido en metoxilo con algunos iones metálicos, las sales resultantes de los ácidos pectínicos se conocen como pectinatos (Quispe y Vera, 2017: pp.36).

2.3.4.3 Protopectina

Es una sustancia péctica madre de forma abundante en las laminillas medias de las paredes celulares de plantas verdes, la cual al someterla al calentamiento en una solución de ácido o por acción de enzimas es muy soluble, pero en presencia de agua es insoluble (Ramírez y Zambrano, 2019: pp.9).

2.3.5 Cadenas principales de la pectina

2.3.5.1 La Homogalacturona

La homogalacturona (HG) es un polisacárido péctico muy abundante en la pared celular, está presente entre el 60-65% de la masa total de la pectina. Se encuentra como unidades de ácido α -D-galacturónico (figura 4-2) con enlaces 1-4 en un patrón lineal. Los grupos carboxílicos se encuentran parcialmente metil-esterificados. Las cadenas suelen estar parcialmente O-acetiladas en el carbono 2 y en el carbono 3, esto depende de la fuente vegetal o de la fruta. (Heredia, et al., 2003; citados en Quispe y Vera, 2017: pp.30-31).

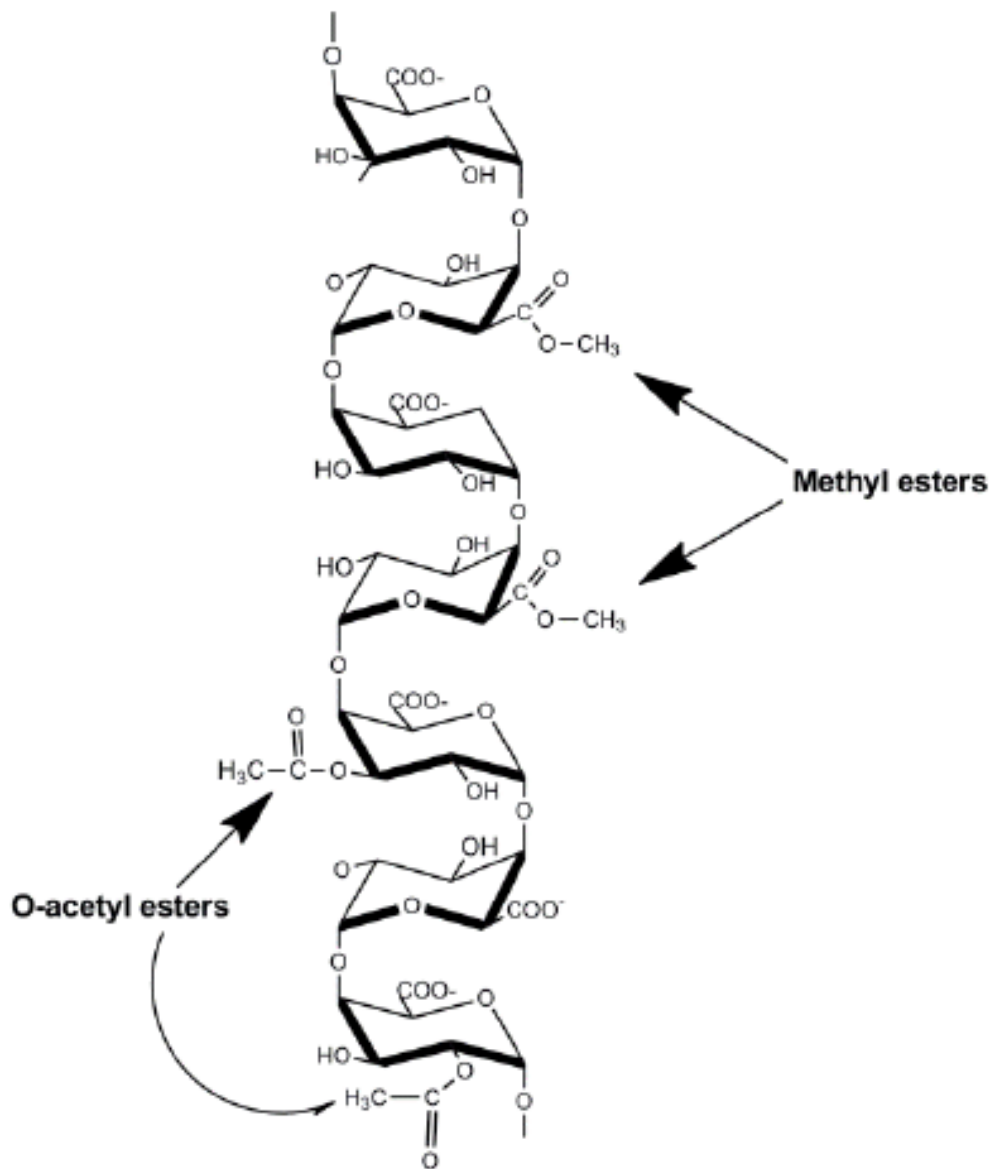


Figura 4-2: Representación de la homogalacturona
Fuente: Ochoa et al, 2012.

2.3.5.2 La Ramnogalacturona I

La Ramnogalacturona I (RG-I) tiene una configuración en forma de zigzag, esto se debe porque en la cadena de ácido α-1,4-galacturónico se presentan residuos de 1,2-ramnosa, y cuando está ramificada en carbono 4, se forma una configuración en Y (figura 5-2). Esta cadena se caracteriza porque posee una variedad de diferentes cadenas de glucanos principalmente arabinana y galactana ligadas a las unidades de ramnosa. Esta cadena representa entre el 20-35% de la pectina (Heredía, et al., 2003; citados en Quispe y Vera, 2017: pp.31).

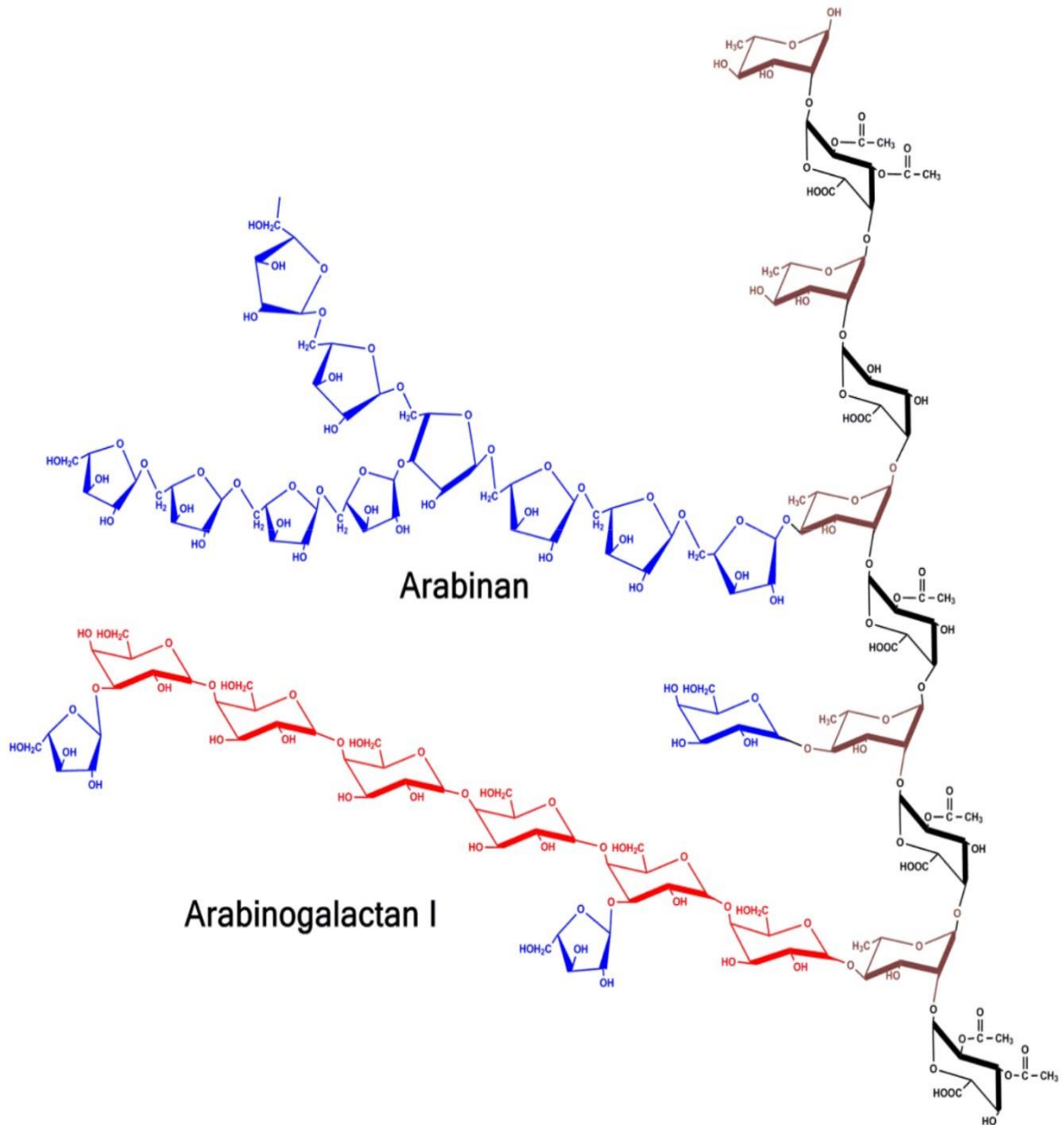


Figura 5-2: Representación de la estructura de RG-I

Fuente: Ochoa et al, 2012.

2.3.5.3 La Ramnagalacturona II

La Ramnagalacturona II (RG-II) es un segmento estructuralmente más complejo y compone el 10% de la pectina. Esta estructura se encuentra presente en la mayoría de las especies vegetales; consiste en un esqueleto de un mínimo de ocho homogalacturona probablemente más unidas. Son monómeros que poseen cadenas laterales de hasta 12 tipos distintos de azúcares algunos muy

comunes como la apiosa, ácido acético, ácido 3-desoxi-lixo-2-heptulosarico (DHA) y ácido 3-desoxi-mano-2-octulosónico (KDO) (Heredia, et al., 2003; citados en Quispe y Vera, 2017: pp.32).

El RG-II tiene una estructura característica de siete a nueve residuos de la cadena principal del ácido α -D-galacturónico con cuatro ramas claramente diferenciadas designadas A, B, C y D (figura 6-2).

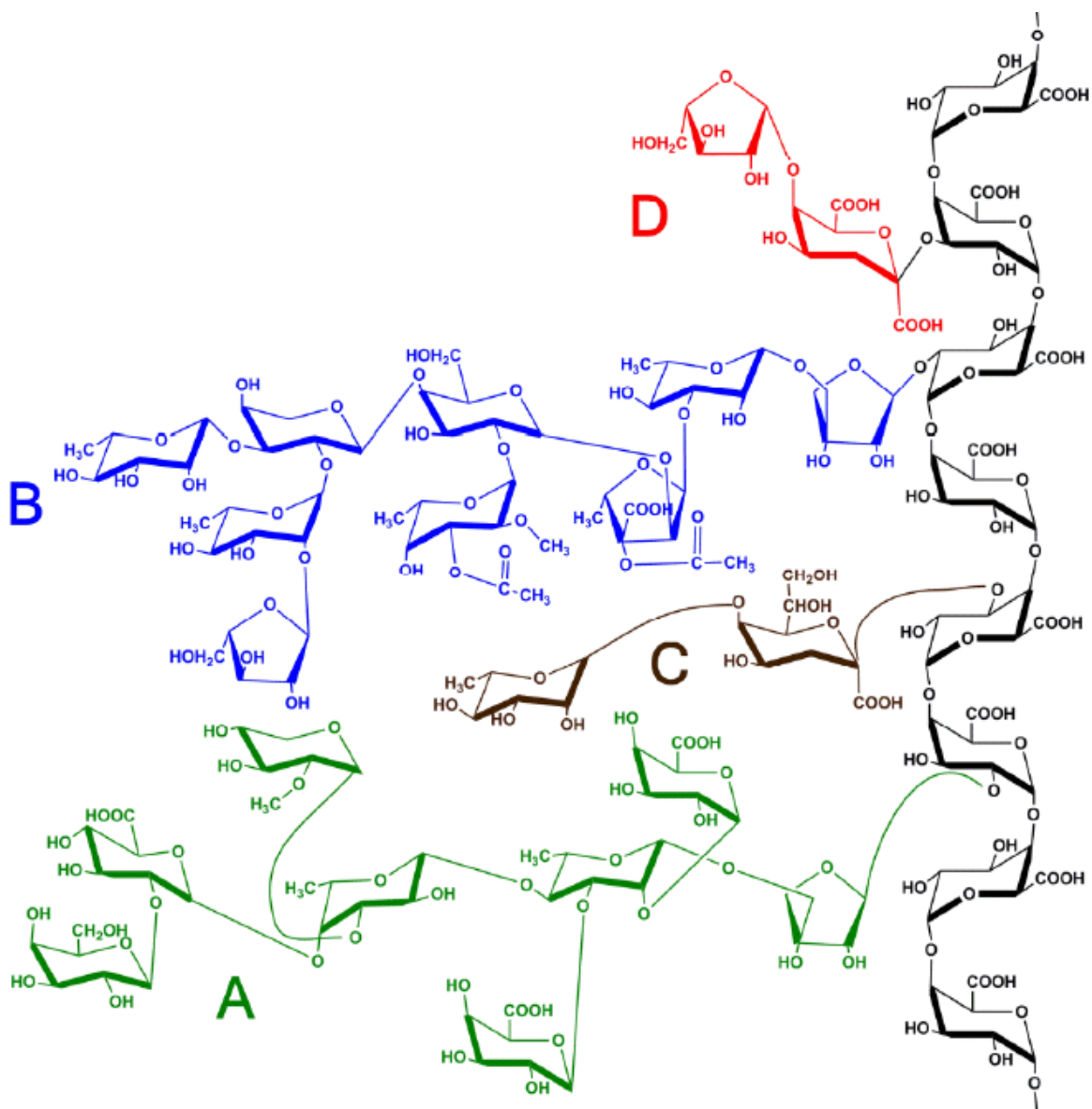


Figura 6-2: Representación de la estructura de RG-II
Fuente: Ochoa et al, 2012.

2.3.5.4 Cadenas secundarias de la pectina

2.3.5.4.1 Arabinana

La Arabinana (ARA) posee un esqueleto de α -L-Arabinofuranosas unidas por enlaces 1-5 con zonas altamente ramificadas en carbono 3 y en menor cantidad en carbono 2. La RG-II tiene una estructura característica de siete a nueve residuos de la cadena principal del ácido α -D-galacturónico con cuatro ramas claramente diferenciadas designadas A, B, C y D. Las ramificaciones especialmente de α -Arabinofuranosa, se están distribuidas de manera homogénea a lo largo de la toda molécula (figura 7-2) (Heredia, et al., 2003; citados en Quispe y Vera, 2017: pp.32).

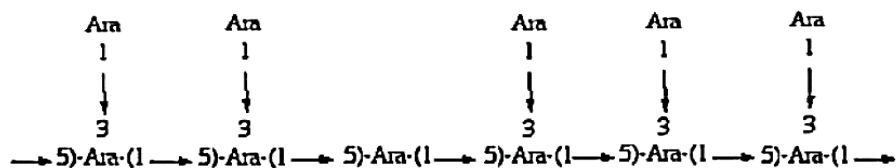


Figura 7-2: Representación simplificada de la estructura de arabinanas
Fuente: Quispe y Vera, 2017

2.3.5.4.2 Xilogalacturona

La Xilogalacturona (XGA), es una homogalacturona sustituida por xilosa en el carbono 3. El grado de xilosidación varía dependiendo del fruto. Por lo general se encuentra en los tejidos reproductivos como frutos y semillas (Heredia, et al., 2003; citados en Quispe y Vera, 2017: pp.32).

2.3.5.4.3 Arabinogalactana I

La Arabinogalactana I (ARA-I) consta de un esqueleto β -1,4-D-galactosa, con residuos de unidades de α -L-arabinosa, las cuales se conectan a la galactosa en el carbono 3, unidas por enlace α -1,5 (figura 8-2) (Heredia, et al., 2003; citados en Quispe y Vera, 2017: pp.33)

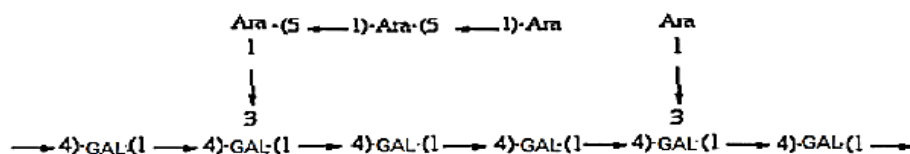


Figura 8-2: Representación simplificada de la estructura de ARA-I
Fuente: Quispe y Vera, 2017

Las investigaciones que se han realizado permitieron plantear algunas estructuras hipotéticas de la pectina, con pocas modificaciones de acuerdo con las nuevas evidencias analíticas. Mediante la representación esquemática de Willats, Knox y Mikkelsen se tiene un modelo alternativo (figura 9-2) para las cadenas pécticas (Canteri, et al., 2012; citados en Quispe y Vera, 2017: pp.33-34).

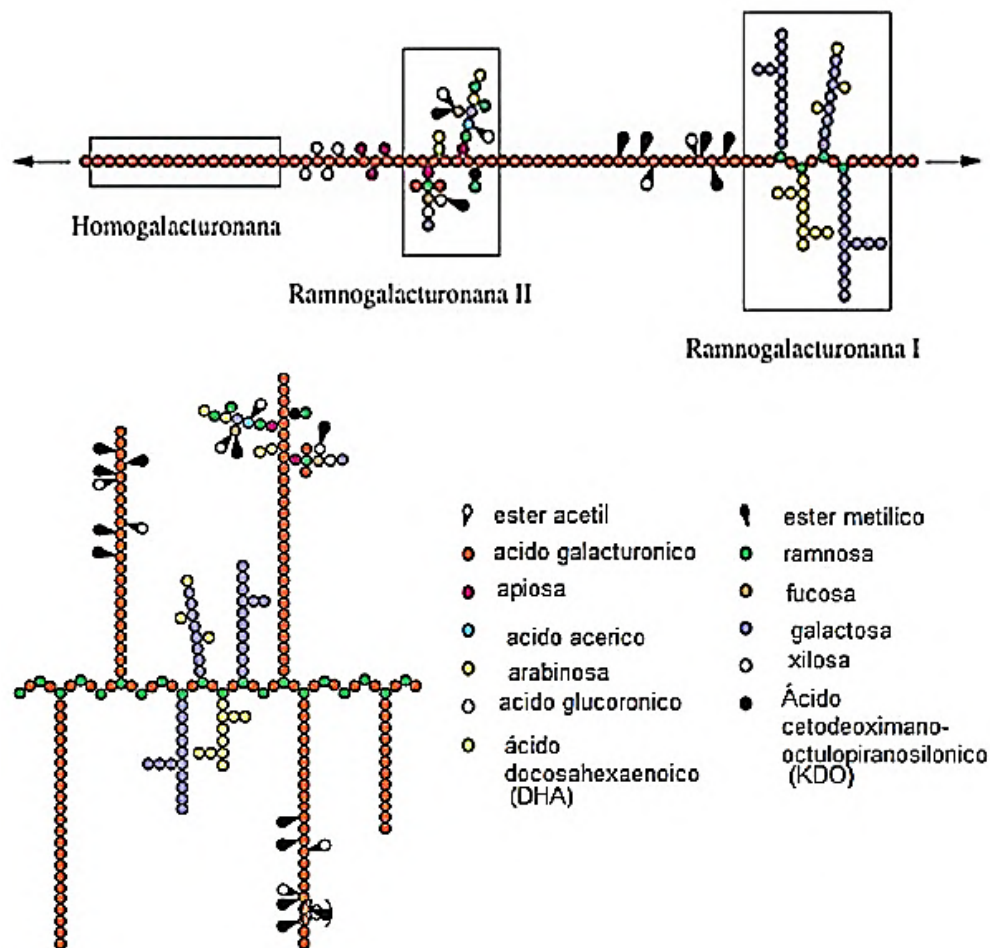


Figura 9-2: Alternativas para representar la cadena péctica
Fuente: Quispe y Vera, 2017

2.3.6 Propiedades fisicoquímicas de la pectina

2.3.6.1 Acidez libre

La acidez libre (AL) representa la cantidad de ácidos fuertes presentes en la pectina, son los miliequivalentes de una base fuerte (NaOH) necesarios para neutralizar una muestra de solución péctica utilizando fenolftaleína como indicador.

2.3.6.2 *Ácido galacturónico*

El Ácido galacturónico (AGA) indica la pureza que posee la pectina extraída, el cual se expresa en porcentaje de AGA (%AGA), este depende de cada variedad de fruto. Se debe tener en cuenta que el AGA presente en la pectina viene acompañado de varios azúcares neutros los cuales son los siguientes:

- 1) D-galactosa
- 2) L-arabinosa
- 3) L-rarnnosa

2.3.6.3 *Ceniza*

La ceniza (C) es un residuo que queda después de que el calentamiento de una muestra que elimina el agua y los materiales orgánicos como la grasa y la proteína. En alimentos la ceniza se refiere a la presencia de material inorgánico, como minerales. La medición se la realiza mediante un análisis proximal a una temperatura elevada en un tiempo determinado.

2.3.6.4 *Grado de esterificación.*

El grado de esterificación (GE) indica la relación entre los carboxílicos D-urónicos esterificados y los carboxílicos totales D-urónicos (Quispe y Vera, 2017: pp.41-42), Este dependerá del origen de la pectina y del método utilizado para su extracción; es decir los grupos carboxilos de los ácidos galacturónicos presentarán un grado variable de esterificación con metanol y a su vez podrán estar parcial o completamente neutralizados por iones de sodio, potasio o amonio.

2.3.6.5 *Grado de metoxilación*

El grado de metoxilación (GM) es una propiedad química que presenta la pectina, relacionada con la capacidad de gelificación. El poder de gelificación es una de las características muy importantes en las pectinas, para que una pectina gelifique con facilidad se necesita que el porcentaje de metoxilos sea elevado.

La esterificación que posee indica el porcentaje de residuos del ácido galacturónico esterificado o metoxilado por el grupo metilo y se clasifican en pectinas de alto metoxilo >50% y pectinas de bajo metoxilo <50% (figura 10-2). Las pectinas tienden a formar geles en presencia de iones de calcio y de azúcar, a pH bajos, que son características de gran importancia para su uso como aditivo en procesos de gelificación (Chasquibol y Morales, 2010; Chan y Choo, 2013; citados en Mendoza et al., 2017: pp.132).

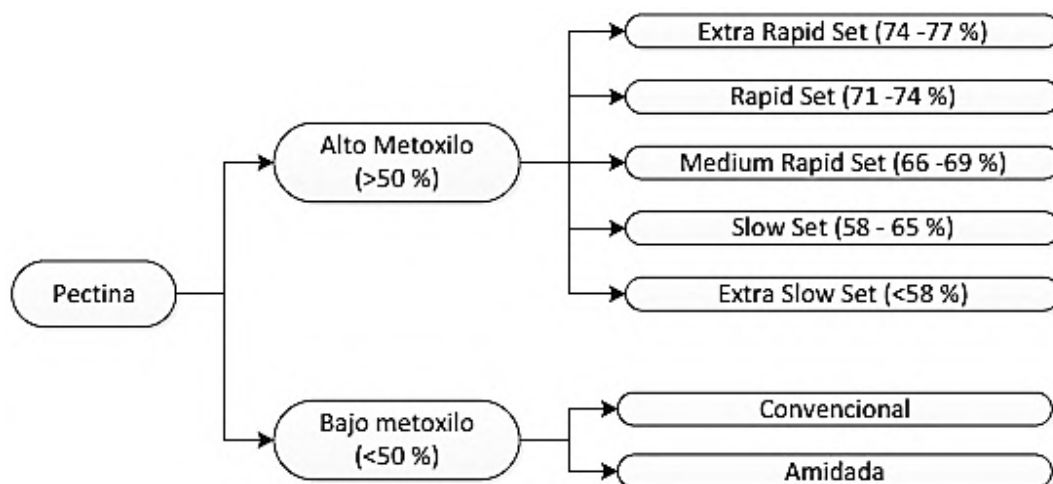


Figura 10-2: Clasificación de la Pectina
Fuente: Zegada, 2015

2.3.6.6 Humedad

La humedad (H) es la cantidad de agua que está impregnada en un cuerpo. En alimentos es un parámetro que le da cualidades organolépticas y nutricionales, muy importante desde el punto de vista económico y de la calidad, su medición se lo realiza mediante un análisis proximal a una temperatura controlada.

2.3.6.6.1 Pectinas de Alto Metoxilo

Las pectinas de alto metoxilo (HM) gelifican en medios muy azucarados; con un contenido superior al 60% en azúcar, para que se dé la gelificación su rango de pH debe estar comprendido entre 2,7 y 3,4 (Toapanta y Villacrés, 2018: pp.8).

Las pectinas de alto metoxilo pueden subdividirse en dos grupos:

- a) Las de gelificación rápida (Rapidset) es menor a 5 minutos y poseen un grado de esterificación con metanol entre el 68 y el 75%.
- b) Las de gelificación lenta (Slowset) es mayor a 5 minutos y su esterificación con metanol está entre 60 y 68% (Quispe y Vera, 2017: pp.33-34).

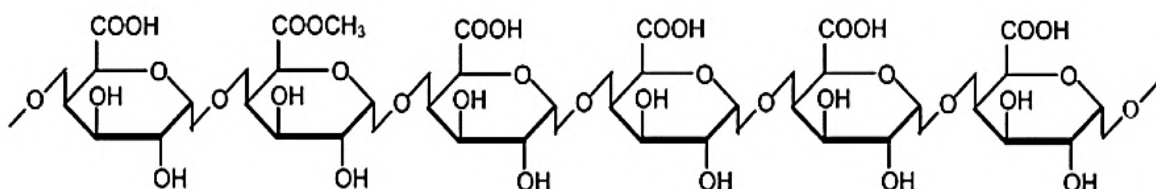


Figura 11-2: Pectina de bajo índice de metoxilo (HM)

Fuente: Quispe y Vera, 2017

2.3.6.6.2 Pectinas de Bajo Metoxilo

Las pectinas de bajo metoxilo (LM) no requieren de un medio azucarado para su gelificación, pero necesitan el calcio como cationes divalentes para crear uniones moleculares, su rango de pH debe estar en intervalos de 2,5 a 6,5 (Toapanta y Villacrés, 2018: pp.7).

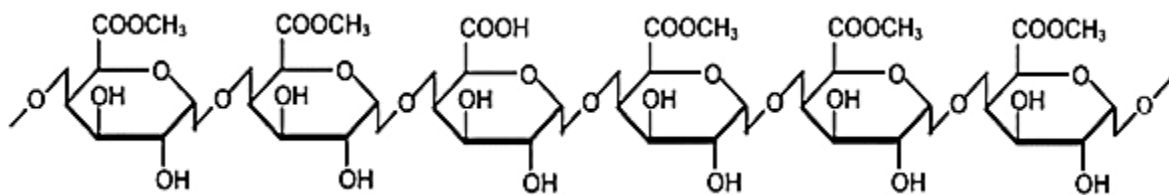


Figura 12-2: Pectina de bajo índice de metoxilo (LM)

Fuente: Quispe y Vera, 2017

2.3.6.6.3 Pectinas de bajo metoxilo amidadas

Las pectinas amidadas son bajo índice de metoxilo, porque se obtienen a partir de pectinas de alto índice de metoxilo, realizando una desesterificación alcalina con amoníaco donde los grupos metoxilo se reemplazan por una amida (figura 13-2). Para que gelifiquen estas pectinas no es necesario la adición de iones calcio, por lo general el calcio que requieren está en los frutos, legando a formar geles termoreversibles (Quispe y Vera, 2017: pp.35-36).

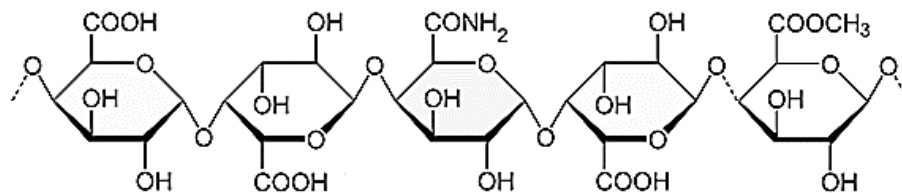


Figura 13-2: Pectina de bajo metoxilo amidada
Fuente: Quispe y Vera, 2017

2.3.6.7 *Peso equivalente (PE)*

El peso equivalente (PE) representa el número de carboxílicos libres que reacciona con una base adicionada, es decir es la relación entre los miligramos del componente ácido (pectina) y los miliequivalentes de NaOH gastados en la valoración de tal forma que su grupo funcional carboxilo (COOH), quien otorga las características ácidas a la molécula, sufre separación del protón debido a la acción de la base (Quispe y Vera, 2017: pp.43).

2.3.7 *Estudios de extracción de pectina en frutos*

Con el pasar de los años se han realizado varias investigaciones de extracción de pectina a partir de frutos, donde en algunos estudios los investigadores han caracterizado el material péctico obtenido para determinar su calidad.

Para comprobar si la pectina es de gran calidad hay que regirse en la Food and Agriculture Organization/World Health Organization /Joint Expert Committee on Food Additives (FAO/WHO/JECFCA), la cual establece los parámetros mínimos y máximos que deben contener una pectina, esta información se puede observar en la tabla 5-2:

Tabla 5-2: Requerimientos de FAO/WHO/JECFCA y propiedades de la pectina comercial cítrica.

Parámetro	FAO / WHO / JECFCA	Pectina comercial
Humedad	Máximo 12,0%	10,81%
Cenizas	Máximo 2,5%	1,34%
Peso equivalente	-	1070 mg/meq
Grado de Esterificación	Mínimo 60%	72,00%
Porcentaje de metoxilos	Mínimo 6,7%	7,60%
Porcentaje de ácido anh. Galacturónico	Mínimo 65%	66,00%

Realizado por: Teobaldo Patiño, 2020

Fuente: Cuesta y Muñoz, 2010. (Laboratorio de Química Orgánica e Investigaciones Aplicadas)

Una vez establecidas las propiedades de calidad de la pectina, se mostrarán varios resultados de algunas investigaciones de extracción por hidrólisis ácida.

Según Mendoza *et al.* (2017), se realizó la investigación que tuvo como propósito evaluar el rendimiento y las características de la pectina extraída enzimáticamente a partir de la cáscara, pericarpio del fruto de cacao (*Theobroma cacao L.*), donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 6-2: Caracterización fisicoquímica de las pectinas comerciales y la pectina extraída del tratamiento T3.

Muestra	PE (mg/meq)	AL (meq/g)	% ME	%GE	% AAG
Pectina comercial gelificación lenta	2702,9±54,4a	0,37±0,0a	2,23±0,0a	66,0±0,0a	19,2±0,1a
Pectina comercial, gelificación rápida	3602,1±37,1b	0,28±0,0b	2,90±0,0b	77,0±0,0b	21,3±0,4b
Pectina (T3)	5091,4±77,6c	0,20±0,01c	1,58±0,01c	72±0,1c	12,5±1,0c

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

Fuente: Mendoza *et al.*, 2017. (Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 20(1): 131-138)

Según Zegada, (2015), se realizó la extracción de pectina a partir de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO) e hidrólisis convencional donde se compararon los valores obtenidos en la investigación (tabla 7-2), con los normados de acuerdo con la FAO y USP.

Tabla 7-2: Rendimiento y la calidad para los métodos de extracción HMO y convencional.

Método	Valores normados para pectinas HM	Hidrólisis ácida convencional	HMO	HMO Yeoh, S. <i>et al.</i> , 2008
pH	-	2,17	2,17	1,5
Proporción solvente: materia prima, mL:g	-	18:1	18:1	16:1
Temperatura (°C)	-	91	91	120
Tiempo de extracción, min	-	45	15	15
Rendimiento promedio (%)	-	20,1	16,3	10,2
Porcentaje de AG promedio (%)	> 65 (FAO) > 74 (USP)	77,4	62,4	-
Porcentaje de Metoxilos promedio (%)	> 6,8 (HM)	8,4	6,7	-

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

Fuente: Zegada, 2015. (UPB - INVESTIGACIÓN & DESARROLLO, No. 15, Vol. 1: 65 – 76)

Según Lou *et al.*, (2018), se realizó un análisis químico de varias muestras de pectina de manzana, extraídas con varios tipos de ácidos minerales como: ácido acético (AP), ácido clorhídrico (HP), ácido sulfúrico (SP) y ácido nítrico (NP), los cuales se compararon con pectina de manzana comercial CP. Las propiedades que se analizaron son las siguientes: el porcentaje de humedad (Ash), el porcentaje de metoxilo (MeO), el porcentaje de ácido anhidrouónico (AUA) y el grado de esterificación (DE). Los resultados obtenidos se observan en la tabla 8-2.

Tabla 8-2: Análisis químico de pectina a partir de manzana.

Tipo de ácido	Ash (wt%)	MeO (%)	AUA (%)	DE (%)
AP	3,07 ± 0,12	10,34 ± 0,36	70,75 ± 0,58	82,66 ± 0,46
HP	2,37 ± 0,32	10,23 ± 0,56	72,15 ± 0,37	80,49 ± 0,82
SP	3,94 ± 0,11	10,23 ± 0,73	73,92 ± 0,90	78,57 ± 1,12
NP	1,59 ± 0,23	9,61 ± 0,47	70,40 ± 0,86	77,50 ± 0,12
CP	8,78 ± 0,28	6,23 ± 0,59	60,26 ± 2,10	59,08 ± 1,37

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

Fuente: Lou *et al.*, 2018. (Applied Biochemistry and Biotechnology 187:1300–1311)

El rendimiento de las pectinas de cascotes de guayabas en el estado pintón es similar estadísticamente a los estados verde y maduro debido a que esta es una etapa intermedia en el proceso de maduración del fruto, en el que la degradación de azúcares y sustancias pécticas avanza lentamente y se acelera en el estado de madurez comercial o de consumo para, posteriormente, finalizar en la etapa de sobremaduración, esto se puede observar en la tabla 9-2 (Paredes *et al.*, 2015: pp.37-38).

Tabla 9-2: Rendimiento de la pectina extraída de cascotes de guayaba en distintos estados de madurez.

Parámetro	Estados de madurez		
	Verde	Pintón	Maduro
Rendimiento (%)	5,49 ± 0,098	5,24 ± 0,276	4,77 ± 0,089
pH	4,15 ± 0,099	4,11 ± 0,261	4,01 ± 0,088
Contenido de cenizas (%)	1,40 ± 0,443	1,69 ± 0,251	1,80 ± 0,280
Grado de esterificación (%)	88,66 ± 0,779	80,17 ± 2,043	64,68 ± 2,789
Contenido de metoxilos (%)	2,52 ± 0,095	1,63 ± 0,147	0,85 ± 0,123
Contenido de ácido galacturónico (%)	16,11 ± 0,555	11,54 ± 0,933	7,40 ± 0,820
Masa equivalente (meq/mg)	9680,75 ± 640,39	7810,64 ± 956,04	6817,53 ± 612,19

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

Fuente: Paredes *et al.*, 2015. (IDESIA Chile)

2.3.8 Aplicaciones de las pectinas

De acuerdo con Escobedo (2013, p.25) indica que las pectinas tienen algunas aplicaciones en las varias industrias, las cuales se describen a continuación (Toapanta y Villacrés, 2018: pp.9).

2.3.8.1 Industria Cosmética

- a) Se utiliza para la elaboración de cremas y geles para el cabello.
- b) Se utiliza para la elaboración de pastas dentífricas.
- c) Se utiliza como absorbentes en jabones.

2.3.8.2 Industria Alimentaria

- a) Se utiliza en la elaboración de jaleas, mermeladas y compotas
- b) Se utiliza en la elaboración de pan, con una relación del 5% con la harina.
- c) En una concentración del 0,15% ayuda a la firmeza y viscosidad el yogurt.
- d) Se utiliza en la elaboración de golosinas (gomas de frutas y rellenos).

2.3.8.3 Sector Medicinal

- a) Prolongador de antibióticos y analgésicos.
- b) Aumenta la viscosidad.
- c) Estabiliza emulsiones.
- d) Gelificante instantáneo del paracetamol y ambroxol.

2.3.9 Demanda de Pectina en el Ecuador

En el Ecuador no existen registros sobre alguna empresa productora de pectina, pero se tiene datos de importación de varias empresas que comercializan y otras que la utilizan para la elaboración de productos en la industria como tal, a continuación, se detallan algunas de las empresas (Toapanta y Villacrés, 2018: pp.9).

A continuación, se enumeran algunas Empresas ecuatorianas que importan pectina para la elaboración de sus productos:

- 1) Industria Láctea TONI S. A.
- 2) Resiquim S. A.
- 3) Industria de productos Alimenticios
- 4) IMPROLAC
- 5) Plastiquim S. A.
- 6) Ecuajugos S. A.
- 7) Productos Alpina

La mayoría de las empresas detalladas se dedican a la elaboración de productos alimenticios como jugos, mermeladas, pastas, etc., pero también algunas proveen aditivos químicos para otras empresas.

2.4 Métodos de extracción de pectina por hidrólisis

2.4.1 Hidrólisis ácida convencional

La hidrólisis ácida convencional (HMC) es un proceso donde un ácido prótico cataliza la división de un enlace químico a través de una sustitución nucleofílica, con la adición de agua. Este proceso consiste en un calentamiento de un ácido, material vegetal y agua, con una constante agitación (Toapanta y Villacrés, 2018: pp.10).

2.4.2 Hidrólisis ácida asistida por microondas

La hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO) es un método para extraer pectina donde el uso de energía y el tiempo requerido pueden reducirse sustancialmente aplicándose un calentamiento homogéneo por radiación; es decir, se genera un ahorro de energía y tiempo en el proceso de producción de pectina (Zegada, 2015: pp.65).

2.4.3 *Hidrólisis Enzimática*

La hidrólisis enzimática (HE) utiliza enzimas y específicamente celulasas y xilanasas que dan lugar a pectinas sin estructura que no despolimeriza la molécula de pectina, haciendo que las pectinas de alto metoxilo se conviertan en pectinas de bajo metoxilo y estas a su vez sean más resistentes. El tipo de enzima podría determinar el rendimiento de extracción y la composición de la pectina (Sabater, 2018: pp.4).

2.5 *Procesos que intervienen en el método de hidrólisis ácida convencional*

2.5.1 *Recepción y selección de la materia prima*

Es un proceso muy indispensable en la industria que permite controlar la calidad de la materia prima, en alimentos es fundamental observar algunas características importantes como: color, olor, textura, temperatura de llegada, etc.

2.5.2 *Lavado de la fruta*

Consiste en eliminar los residuos de sustancias químicas y el polvo que posee la materia prima, esto se lo realiza mediante el uso de agua por aspersión o por inmersión en la mayoría de los casos.

2.5.3 *Troceado de la fruta*

Es la disminución de tamaño de la fruta en la cual se retira la semilla y el pedúnculo. Esto se lo realiza con la finalidad de obtener un tamaño adecuado para el pulpeado.

2.5.4 *Escaldado*

Es una operación muy importante en las industrias de alimentos que procesan verduras y algunas frutas. La temperatura para este proceso oscila entre 70°C y 100°C y un periodo de tiempo que varía entre 30 segundos a 10 minutos.

Su finalidad es eliminar la actividad de las enzimas pectinasas (proteínas que rompen las cadenas de pectina) que actúan de manera sinérgica y secuencial además son producidas por microorganismo como: hongos, bacterias y levaduras (Toapanta y Villacrés, 2018: pp.11).

2.5.5 Pulpeado

Consiste en obtener la pulpa o jugo libre de pepas, para lo cual se retira la cascara se despulpa y se cierne la pulpa para refinarla, esta operación se la realiza industrialmente en las pulpeadoras y a nivel de laboratorio se utiliza licuadoras (Filian y Velásquez. 2017: pp.41).

2.5.6 Filtración

Es una operación básica de la Ingeniería Química que se considera como un caso especial de flujo de fluidos a través de lechos granulares estáticos (Ocon y Tojo, 1970: pp.340). La filtración permite separar un sólido en una suspensión o mezcla heterogénea.

2.5.7 Secado

Es una operación unitaria que constituye uno de los métodos que permite separar un líquido de un sólido, es decir es la eliminación parcial o total de la humedad presente en un sólido, esto se lo realiza por evaporación mediante una corriente gaseosa (Ocon y Tojo, 1970: pp.240).

2.5.8 Evaporación

Es una Operación que consiste en la separación de un disolvente volátil de un sólido no volátil por vaporización parcial del disolvente, por lo general el disolvente a separar suele ser agua (Ocon y Tojo, 1966: pp.161).

2.5.9 Extracción sólido-líquido

Es una operación unitaria que consiste en la separación de un componente o grupos de componentes que forman parte de un sólido, utilizando un disolvente en el que es insoluble el resto del sólido al que se denomina inerte (Ocon y Tojo, 1970: pp.208).

2.5.10 Precipitación

Es un método de separación de un sólido a partir de una disolución, esto ocurre cuando una sustancia insoluble se forma en la disolución debido a una reacción química. En la hidrólisis ácida se utiliza etanol al 96% el cual sirve para precipitar la pectina la cual es insoluble en alcohol (Toapanta y Villacrés, 2018: pp.13).

2.5.11 Molienda

La molienda es una operación unitaria donde se realiza la reducción del tamaño de agregados de partículas blandas débilmente ligadas entre sí, es decir implica la transformación física de la materia sin alterar su naturaleza obteniéndose partículas muy pequeñas, la cual es muy importantes en varios procesos industriales.

2.5.12 Tamizado

Es una operación básica que separa las diferentes fracciones de una mezcla pulverulenta o granulada. Es importante realizar el análisis granulométrico de los productos de los molinos para determinar el tamaño de partícula en función del diámetro o luz de malla de cada tamiz.

CAPITULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Estudio técnico de la investigación

3.1.1 Población de estudio

Fruta exótica (*Syzygium malaccense L.*) pomarrosa, para obtención de pectina proveniente del cantón de Shushufindi, provincia Sucumbíos.

3.1.2 Localización

La presente investigación se realizará en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH).

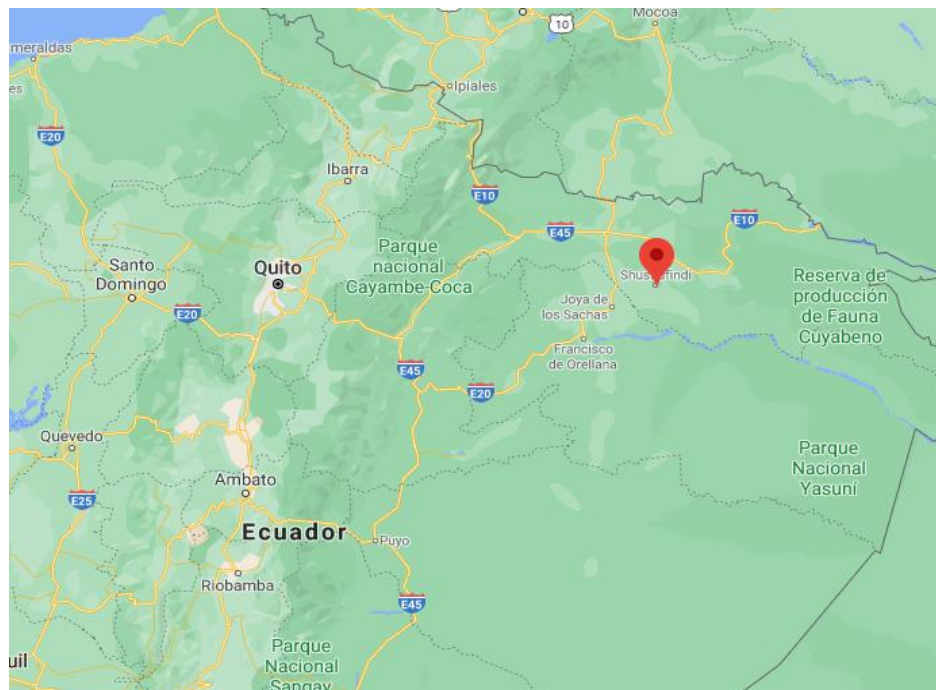


Figura 1-3: Ubicación de la fruta *Syzygium malaccense L.* (pomarrosa)

Fuente: (Google Maps, 2020)

Tabla 1-3: Localización de la fruta *Syzygium malaccense* L. (pomarrosa)

Provincia	Sucumbíos
Cantón	Shushufindi
Latitud	-0.211832
Longitud	-76.654200
Altitud	200 – 320 msnm
Clima	Tropical húmedo
	Humedad: 90%
	Temperatura: 25 – 30 °C

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

Fuente: (Google Maps, 2020; Accuweather, 2020)

3.1.3 *Ingeniería de la investigación*

La parte experimental tendrá lugar en los laboratorios de Productos Naturales, Investigación, Instrumental, Calidad del Agua y Química General e Inorgánica de la Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con el aval del Grupo de Investigación GIPRONAF.

3.1.4 *Tipo y diseño de investigación*

Tipo: Experimental

Diseño: Diseño Completamente al azar (DCA)

3.1.5 *Metodología de investigación*

3.1.5.1 *Método cuantitativo*

Con el método cuantitativo se fundamentará de una manera numérica para el análisis de los datos recogidos, empleando tablas estadísticas, porcentajes y gráficos todo lo contrario de lo que es el método cualitativo. Este tipo de método es estructurado, se puede realizar a un gran mundo de casos o muestras.

3.1.5.2 Método científico

Ofrece un conjunto de técnicas y procedimientos para la obtención de un conocimiento teórico con validez y comprobación científica mediante el uso de instrumentos fiables que no dan lugar a la subjetividad.

3.1.5.3 Líneas de Investigación

Gestión de Operaciones.

3.1.6 Enfoques de la investigación

Esta investigación está orientada a la extracción de la pectina a partir de *Syzygium malaccense L.* (pomarrosa) para que la industria la utilice como agente gelificante para la elaboración de cosméticos, alimenticios, farmacéuticos.

3.1.7 Alcance de la investigación

Se realizará en la Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, donde cuenta con laboratorios adecuados que poseen equipos y materiales necesarios para realizar la parte experimental de la investigación para la obtención de la pectina a partir de la fruta pomarrosa.

3.1.8 Unidad de análisis

Fruta de pomarrosa verde y maduro, para lo cual se realizarán pruebas sensoriales que permitirán valorar las diferentes propiedades organolépticas de determinado fruto, permite saber desde un punto de vista cuantificable el color, textura, aroma, consistencia y sabor.

3.1.9 Selección de la muestra

Diseño Completamente al azar (DCA) con 3 repeticiones

Experimento de tipo 2AX2BX3CX3D

A = Fruta Pomarrosa (a1 y a2)

a1 = Fruta verde

a2 = Fruta madura

B = Tipo de ácido a utilizar en la hidrólisis ácida (b1 y b2)

b1 = Ácido cítrico

b2 = Ácido tartárico

C = pH del ácido en la solución (c1, c2 y c3)

c1 = pH 1,0

c2 = pH 2,0

c3 = pH 3,0

D = Número de repeticiones

3.1.10 Tamaño de la muestra

Muestra = 36

3.1.11 Técnicas de recolección de datos primarios y secundarios

- a. Técnica para preparación de soluciones
- b. Método de extracción de pectina por hidrólisis ácida
- c. Técnica para medición de pH
- d. Técnica para determinación de materia orgánica
- e. Técnica experimental para determinación de humedad
- f. Técnica para medición de grados brix
- g. Técnica para determinar la acidez libre, peso equivalente, porcentaje de metoxilo, grado de esterificación y porcentaje de ácido anhidro galacturónico.

3.1.12 Instrumentos de recolección de datos primarios y secundarios

- | | |
|----------------------|----------------|
| a. Balón de aforo | c. Peachímetro |
| b. Balanza analítica | d. Mufla |

- e. Estufa
- f. Termómetro digital Scientific Fisher
- g. Cronómetro
- h. Refractómetro
- i. Bureta
- j. Agitador magnético
- k. Embudo buncher
- l. Kitasato
- m. Bomba de vacío

3.1.13 Instrumentos para procesar datos recopilados

El programa de procesamiento de datos y análisis estadísticos utilizando Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), es el que se va a utilizar para realizar el análisis estadístico de la presente investigación mediante ANOVA, con la finalidad de realizar la comparación entre cada tratamiento de extracción de pectina mediante la hidrólisis ácida y determinar cuál es el más óptimo.

3.1.14 Identificación de variables

3.1.14.1 Variable independiente

Tabla 2-3: Variables independientes en el proceso de obtención de la pectina.

Denominación	Naturaleza	Unidad de medida
pH	Cuantitativa continua	0 - 14
Estado de madurez	Cualitativa discreta	Fruta verde, fruta madura

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

3.1.14.2 Variable dependiente

Tabla 3-3: Variables dependientes en el proceso de obtención de la pectina.

Denominación	Naturaleza	Unidad de medida
Grado de esterificación	Cuantitativa continua	%
Rendimiento	Cuantitativa continua	%
Tiempo de extracción	Cuantitativa continua	h

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

3.1.15 Operacionalidad de variables

Tabla 4-3: Matriz de Operacionalidad de Variables Independientes

Denominación	Conceptualización	Dimensión	Indicador	Definición de los indicadores	Criterios de Medición	Técnica	Instrumento	Escala
pH	Determina el grado de alcalinidad o acidez de una disolución.	Experimental	pH del agua acidulada	Es la cualidad que tiene un ácido y puede presentar características tales como sabor agrio o pH menor que 7 a temperatura ambiente.	Razón	Método de extracción de pectina por hidrólisis ácida	Potenciómetro	0 - 14
Estado de madurez	Indica el estado de madurez del fruto pomarrosa, si este es verde o maduro	Observación	Grados Brix	Es una medida de la cantidad de sólidos disueltos que hay en un líquido	Nominal	Guía de Laboratorio para medición de grados brix	Refractómetro	° Brix
			Color	Indica el estado de madurez de una fruta según su coloración. Color verde indica que el estado de la fruta es verde y el color rojo indica que el estado de la fruta es madura	Nominal	Observación de la coloración de la fruta	Vista	<ul style="list-style-type: none"> • Verde • Rojo

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

Tabla 5-3: Matriz de Operacionalidad de Variables Dependientes.

Denominación	Conceptualización	Dimensión	Indicador	Definición de los indicadores	Criterios de Medición	Técnica	Instrumento	Escala
Grado de esterificación	Es una reacción química reversible entre un ácido carboxílico y un alcohol, que produce éster y agua	Experimental	Acidez libre	Concentración de H ⁺ que se encuentran disociados en una disolución de cualquier ácido sea este fuerte o débil	Razón	Guía de laboratorio para determinar la acidez libre y el porcentaje de metoxilo	Bureta Balón de aforo Piseta Vidrio reloj Espátula Varilla de agitación Balanza analítica	meq/g
			Porcentaje de metoxilo	Determina el grado de esterificación con radicales metílicos	Razón			%
Rendimiento de la pectina	Determina el rendimiento de la pectina extraída en función de las materias primas utilizadas	Experimental	Porcentaje de pectina extraída	Cantidad porcentual de pectina obtenida en función del producto extraído y las materias primas añadidas	Razón	Método de extracción de pectina por hidrólisis ácida (cálculos estequiométricos)	Balanza de masa	%
Tiempo de extracción	Es el tiempo necesario para realizar la extracción de la pectina.	Experimental	Temperatura de hidrólisis	Es la temperatura de extracción de la pectina al realizar la hidrólisis ácida	Razón	Método de extracción de pectina por hidrólisis ácida	Cronómetro	Minutos

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

3.1.16 Matriz de consistencia

Tabla 6-3: Aspectos Generales.

Formulación del problema	Objetivo general	Hipótesis General	VARIABLES	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo existen muy pocos trabajos sobre la extracción de pectina a partir de frutos. En el contexto internacional existen artículos científicos publicados sobre la extracción de pectina en algunos frutos, pero no existen trabajos de obtención de pectina a partir de la fruta pomarrosa.	Optimizar el proceso de extracción de la pectina presente en la Pomarrosa (<i>Syzygium malaccense L.</i>) haciendo uso de la hidrólisis ácida con el fin obtener un agente gelificante	La optimización del proceso de obtención de la pectina presente en la pomarrosa (<i>Syzygium malaccense L.</i>) mediante hidrólisis ácida determinará los valores óptimos de cada variable de operación para obtener un material péctico de alto poder gelificante y gran calidad.	Independiente: a. pH b. Estado de madurez	a. pH del agua acidulada b. Grados Brix c. Color	a. Método de extracción de pectina por hidrólisis ácida b. Guía de Laboratorio para medición de grados brix c. Observación de la coloración de la fruta	a. Potenciómetro b. Balanza analítica c. Agitador magnético d. Refractómetro e. Vista
			Dependiente: a. Grado de esterificación b. Rendimiento c. Tiempo de extracción	a. Acidez libre b. Porcentaje de metoxilo c. Porcentaje de pectina extraída d. Temperatura de hidrólisis	a. Guía de laboratorio para determinar la acidez libre y el porcentaje de metoxilo b. Método de extracción de pectina por hidrólisis ácida	a. Cronómetro b. Balón de aforo c. Piseta d. Vidrio reloj e. Espátula f. Varilla de agitación g. Balanza analítica

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

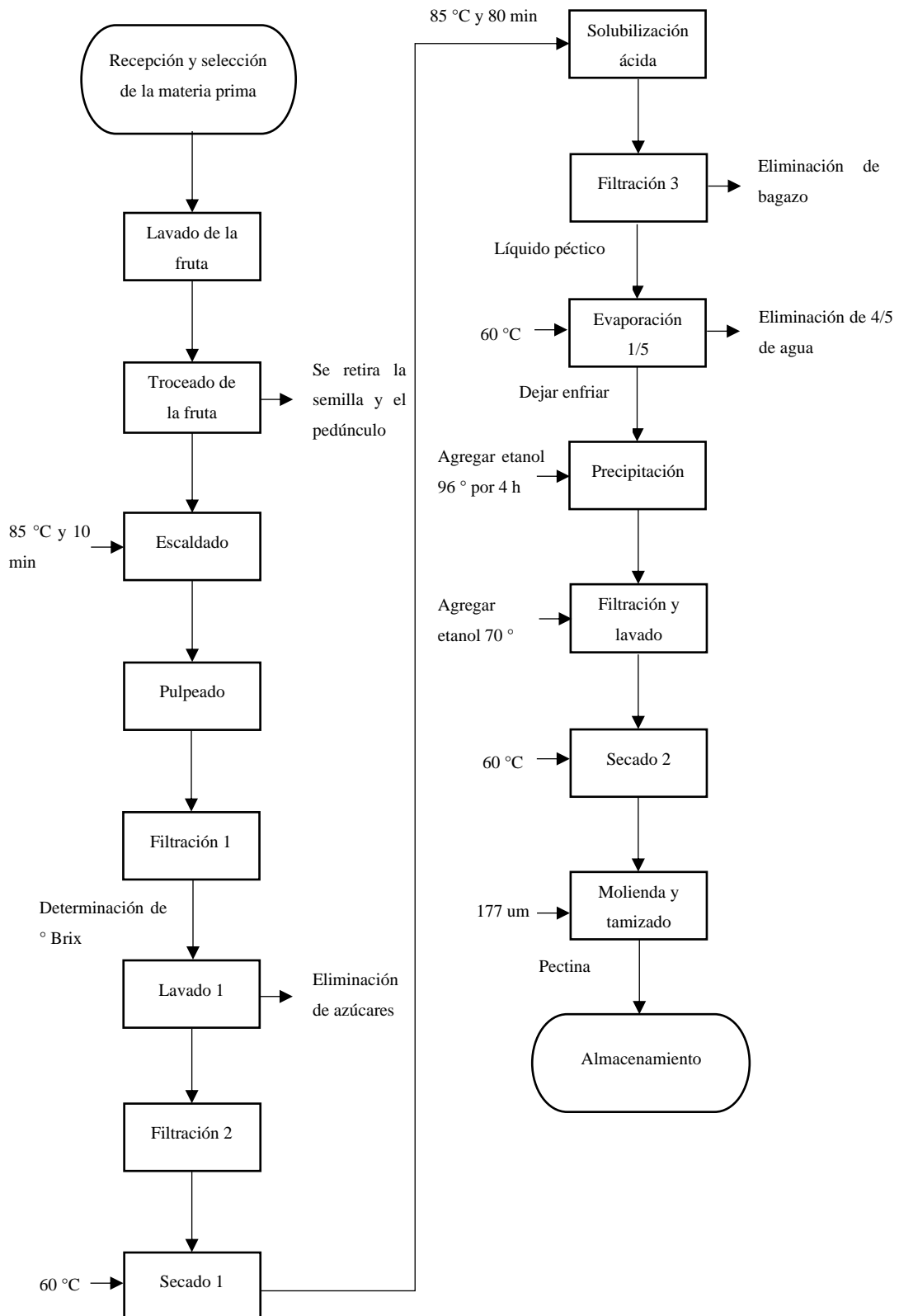
Tabla 7-3: Aspectos Específicos

Formulación del problema	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variables	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo existen muy pocos trabajos sobre la extracción de pectina a partir de frutos. En el contexto internacional existen artículos científicos publicados sobre la extracción de pectina en algunos frutos, pero no existen trabajos de obtención de pectina a partir de la fruta pomarrosa.	<p>a. Identificar las variables de proceso que intervienen en la obtención de pectina a partir de la pomarrosa (<i>Syzygium malaccense L.</i>), mediante la experimentación en el laboratorio por medio de la metodología de hidrólisis ácida.</p> <p>b. Determinar el rendimiento de cada tratamiento mediante la relación de la pectina obtenida y la materia prima seca ingresada en el proceso de extracción.</p> <p>c. Caracterizar las propiedades fisicoquímicas de la pectina extraída, mediante la aplicación de una titulación ácido base con hidróxido de sodio (NaOH).</p> <p>d. Realizar el análisis estadístico mediante el uso del Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), para determinar el tratamiento óptimo de obtención de pectina por hidrólisis ácida.</p>	<p>a. La identificación de las variables de proceso para la obtención de la pectina presente en la pomarrosa permitirá optimizar el método de extracción por hidrólisis ácida.</p> <p>b. La determinación del rendimiento de pectina a partir de Pomarrosa será mayor utilizando ácido cítrico o ácido tartárico en la hidrólisis ácida.</p> <p>c. La caracterización de las propiedades fisicoquímicas de la pectina de la pomarrosa determinará si de gran calidad comparándola con las propiedades de pectina de grado comercial.</p> <p>d. Mediante el análisis estadístico utilizando el programa SPSS se podrá determinar el tratamiento óptimo de obtención de pectina por medio de la hidrólisis ácida.</p>	<p>Independiente:</p> <p>a. pH</p> <p>b. Estado de madurez</p>	<p>a. pH del agua acidulada</p> <p>b. Grados Brix</p> <p>c. Color</p>	<p>a. Método de extracción de pectina por hidrólisis ácida</p> <p>b. Guía de Laboratorio para medición de grados brix</p> <p>c. Observación de la coloración de la fruta</p>	<p>a. Potenciómetro</p> <p>b. Balanza analítica</p> <p>c. Agitador magnético</p> <p>d. Refractómetro</p> <p>e. Vista</p>
			<p>Dependiente:</p> <p>a. Grado de esterificación</p> <p>b. Rendimiento</p> <p>c. Tiempo de extracción</p>	<p>a. Acidez libre</p> <p>b. Porcentaje de metoxilo</p> <p>c. Porcentaje de pectina extraída</p> <p>d. Temperatura de hidrólisis</p>	<p>a. Guía de laboratorio para determinar la acidez libre y el porcentaje de metoxilo</p> <p>b. Método de extracción de pectina por hidrólisis ácida</p>	<p>a. Cronómetro</p> <p>b. Balón de aforo</p> <p>c. Piseta</p> <p>d. Vidrio reloj</p> <p>e. Espátula</p> <p>f. Varilla de agitación</p> <p>g. Balanza analítica</p>

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

3.2 Parte experimental

3.2.1 Diagrama de proceso para la extracción de pectina por hidrólisis ácida



Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

3.2.2 Obtención de pectina a nivel de laboratorio

La obtención de pectina a partir de la fruta pomarrosa se realizó haciendo uso del método hidrólisis ácida a escala de laboratorio, tomando en cuenta los procesos unitarios que se detallan a continuación:

3.2.2.1 Pretratamiento de la materia prima

3.2.2.1.1 Recepción y selección de la materia prima

Se realizó la recepción de las frutas pomarrosas provenientes del catón Shushufindi, provincia de Sucumbíos. Se seleccionaron aleatoriamente los frutos sanos, libres de plagas y enfermedades, clasificándolos en dos estados de madurez de acuerdo con su coloración, obteniéndose un total de 36 muestras cada una con un peso neto de 500 g.

Tabla 8-3: Selección de la materia prima

Fruta	Estado de madurez	Color	Muestras
<i>(Syzygium malaccense L.)</i> pomarrosa	Madura	Rojo	18
	Verde	Verde	18

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

3.2.2.1.2 Lavado de la fruta

Se pesó 500 g de materia prima con impurezas para 12 tratamientos con tres 3 repeticiones obteniéndose un total de 36 muestras. Para la remoción de impurezas de cada muestra se lo realizó mediante dos lavados sucesivos, para ello se utilizó 500 mL de agua destilada en el primer lavado y 500 mL en el segundo.

En esta etapa se realizó un balance de masa para conocer la cantidad de agua que sale con impurezas, el cálculo se hizo mediante las siguientes ecuaciones:

$$ENTRADA = SALIDA \quad \text{Ec. 1-3}$$

$$P_0 + P_{a1} + P_{a2} = P_F + P_{a3} \quad \text{Ec. 2-3}$$

Donde:

P_0 = Peso de la fruta con impurezas, [g]

P_{a1} = Peso del agua destilada primer lavado, [g]

P_{a2} = Peso del agua destilada segundo lavado, [g]

P_F = Peso de la fruta después del lavado, [g]

P_{a3} = Peso del agua con impurezas, [g]

Una vez realizado el balance de masa se obtuvieron los pesos de la fruta lavada con una media de $498,51 \pm 0,28$ gramos, los cuales se presentan en el proceso de troceado de la fruta.

3.2.2.1.3 Troceado de la fruta

Cada fruta se troceó mediante el uso de cuchillos de acero inoxidable con la finalidad de retirar la semilla y el pedúnculo. Para conocer el peso de la fruta troceada se realizó un balance de masa aplicando la siguiente ecuación:

$$P_F = P_R + P_T \quad \text{Ec. 3-3}$$

Donde:

P_F = Peso de la fruta lavada, [g]

P_R = Peso del rechazo (semilla y pedúnculo), [g]

P_T = Peso de la fruta troceada, [g]

Tabla 9-3: Balance de masa del troceado de la fruta.

Estado de madurez	Tratamiento	ENTRADA	SALIDA	
		P_F (g)	P_R (g)	P_T (g)
Madura	T1	$498,85 \pm 0,06$	$85,27 \pm 3,44$	$413,58 \pm 3,42$
	T2	$498,24 \pm 0,26$	$95,22 \pm 4,42$	$403,02 \pm 4,29$
	T3	$498,70 \pm 0,06$	$95,05 \pm 3,06$	$403,65 \pm 3,07$
	T4	$498,59 \pm 0,11$	$96,21 \pm 2,92$	$402,38 \pm 2,82$
	T5	$498,11 \pm 0,11$	$94,26 \pm 3,86$	$403,85 \pm 3,96$
	T6	$498,60 \pm 0,25$	$94,24 \pm 2,83$	$404,35 \pm 3,05$
Verde	T7	$498,53 \pm 0,36$	$150,96 \pm 12,00$	$347,57 \pm 11,84$
	T8	$498,41 \pm 0,36$	$163,15 \pm 4,10$	$335,26 \pm 3,79$
	T9	$498,44 \pm 0,13$	$152,01 \pm 11,69$	$346,43 \pm 11,57$
	T10	$498,76 \pm 0,19$	$159,35 \pm 6,41$	$339,41 \pm 6,37$
	T11	$498,63 \pm 0,16$	$161,21 \pm 8,92$	$337,42 \pm 8,91$
	T12	$498,32 \pm 0,32$	$153,63 \pm 12,34$	$344,69 \pm 12,64$

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

3.2.2.1.4 Escaldado

Cada tratamiento se sometió a un escaldado por 10 minutos a una temperatura de $85 \text{ }^\circ\text{C}$ y 1000 mL de agua destilada con el fin de controlar la proliferación de microorganismos y bloquear la

actividad enzimática de la pectinasa que hidrolizan los compuestos ésteres metílicos y de esta manera mejorar el proceso de extracción (Maldonado et al., 2010: pp.178).

3.2.2.1.5 Pulpeado

Se realizó el pulpeado haciendo uso de una licuadora casera de 3600 rpm hasta obtener una mezcla homogénea entre el líquido y la pulpa, donde se utilizó 500 mL de agua destilada por cada muestra para el licuado.

Para conocer el peso de la fruta pulpeada se realizó un balance de masa mediante la siguiente ecuación:

$$P_T + P_D = P_P \quad \text{Ec. 4-3}$$

Donde:

P_T = Peso de la fruta troceada, [g]

P_D = Peso del agua destilada, [g]

P_P = Peso de la fruta pulpeada, [g]

Tabla 10-3: Balance de masa para el pulpeado de la fruta.

Estado de madurez	Tratamiento	P_T (g)	P_P (g)
Madura	T1	413,58 ± 3,42	913,58 ± 3,42
	T2	403,02 ± 4,29	903,02 ± 4,29
	T3	403,65 ± 3,07	903,65 ± 3,07
	T4	402,38 ± 2,82	902,38 ± 2,82
	T5	403,85 ± 3,96	903,85 ± 3,96
	T6	404,35 ± 3,05	904,35 ± 3,05
Verde	T7	347,57 ± 11,84	847,57 ± 11,84
	T8	335,26 ± 3,79	835,26 ± 3,79
	T9	346,43 ± 11,57	846,43 ± 11,57
	T10	339,41 ± 6,37	839,41 ± 6,37
	T11	337,42 ± 8,91	837,42 ± 8,91
	T12	344,69 ± 12,64	844,69 ± 12,64

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

3.2.2.1.6 Filtración 1

Se realizó una primera filtración para separar la pulpa del líquido utilizando un filtro prensa con un diámetro de abertura del poro entre 0,2 µm a 0,45 µm. Se tomó una muestra del líquido obtenido para medir los grados brix que posee cada muestra de la fruta pomarrosa mediante el uso de un refractómetro de campo, en la tabla 11-3 se observa que los grados brix en la fruta

madura es mayor que la fruta verde, esto se debe a que el contenido de azúcar en los frutos aumenta a medida que esta va madurándose (Maldonado et al., 2010: pp.178).

Tabla 11-3: Medición de Grados Brix

Estado de madurez	Tratamiento	Grados Brix
Madura	T1	3,17 ± 0,12
	T2	3,17 ± 0,15
	T3	2,80 ± 0,20
	T4	3,00 ± 0,20
	T5	2,87 ± 0,32
	T6	2,97 ± 0,21
Verde	T7	1,13 ± 0,12
	T8	1,00 ± 0,00
	T9	1,20 ± 0,17
	T10	1,20 ± 0,10
	T11	1,13 ± 0,12
	T12	1,17 ± 0,06

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

3.2.2.1.7 Lavado y prensado de la pulpa

La pulpa obtenida se lavó con agua destilada a 60 °C y posteriormente se filtró haciendo uso de un filtro prensa con un tamaño nominal de poro entre 0,2 µm a 0,45 µm, con la finalidad de eliminar los azúcares presentes hasta registrar 0° Brix y reducir sustancialmente la cantidad de agua de cada muestra hasta obtener la pulpa húmeda (Maldonado et al., 2010: pp.178).

3.2.2.1.8 Secado 1

Por último, se realizó un deshidratado mediante el uso de una estufa de secado, extendiéndose la pulpa húmeda en una bandeja de acero inoxidable a una temperatura de 60 °C por 12 horas para obtener una humedad del 8% (Maldonado et al., 2010: pp.178).

La finalidad de esta operación unitaria es determinar la cantidad de pulpa seca para calcular el rendimiento de cada muestra y de esta manera determinar en la hidrólisis ácida con que estado de madurez se va a trabajar.

Para conocer la cantidad de líquido eliminado en la filtración, prensado y secado se determina mediante la siguiente ecuación:

$$P_P = P_{PS} + P_L \quad \text{Ec. 5-3}$$

Donde:

P_P = Peso de la fruta pulpeada, [g]

P_{PS} = Peso de la pulpa seca, [g]

P_L = Peso del líquido eliminado (filtración, prensado y secado), [g]

Para determinar el rendimiento de la pulpa seca en el proceso de pretratamiento de la materia prima se lo realizó haciendo relación el peso de la pulpa seca de cada muestra obtenida en el secado 1 con relación al peso de la fruta pomarrosa alimentada (500 gramos de muestra), el cual se calcula mediante la ecuación 6-3.

$$\% Rend_{pulpa\ seca} = \frac{P_S}{P_F} \times 100 \quad \text{Ec. 6-3}$$

Donde:

P_S = Peso de la pulpa seca, [g]

P_F = Peso de la fruta pomarrosa, [g]

En la tabla 12-3, se observa la cantidad de la pulpa seca obtenida y el rendimiento en cada tratamiento es menor en la fruta madura esto se debe a que esta posee menor cantidad de sólidos solubles en composición, por lo cual se recomienda extraer la pectina en frutas de pomarrosa donde su estado de madurez sea verde.

Tabla 12-3: Cantidad de pulpa seca de pomarrosa obtenida

Estado de madurez	Tratamiento	P_S (g)
Madura	T1	9,36 ± 0,21
	T2	9,09 ± 0,07
	T3	9,13 ± 0,07
	T4	9,08 ± 0,09
	T5	9,11 ± 0,06
	T6	9,10 ± 0,05
Verde	T7	19,31 ± 1,49
	T8	19,64 ± 1,04
	T9	18,28 ± 1,44
	T10	18,27 ± 0,77
	T11	19,73 ± 0,83
	T12	18,97 ± 0,92

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

3.2.2.2 Obtención de pectina por hidrólisis ácida

3.2.2.2.1 Solubilización ácida

Se utilizó pulpa seca en la hidrólisis ácida mediante los siguientes pasos:

- a. Se preparó soluciones de un litro a pH de 1, 2 y 3 mediante el uso de dos ácidos de tipo orgánico (ácido cítrico y ácido tartárico).
- b. Se pesó 9 g de pulpa seca para cada tratamiento y sus repeticiones, en total 36 muestras.
- c. En la solubilización ácida se disolvió 9 g de pulpa seca en 500 mL de solución ácida durante 80 min a una temperatura de 85 °C mediante agitación constante a 520 rpm (Chaparro *et al.*, 2015: pp.436), para lo cual se utilizó un agitador magnético con calentamiento.
- d. Se observará que la mezcla de pulpa seca más agua acidulada después de que transcurra el tiempo establecido a dicha temperatura se reduce en más de la mitad de su volumen inicial (Maldonado *et al.*, 2010: pp.178).

3.2.2.2.2 Filtración 3

La solución resultante (mezcla de pulpa seca más agua acidulada) se enfrió y se filtró. La filtración se la realizó mediante un prensado para obtener la mayor cantidad de líquido péctico y eliminar el bagazo (sólido); en esta etapa se obtiene unos 160 mL de líquido péctico por cada tratamiento y sus repeticiones.

3.2.2.2.3 Evaporación 1/4

Los 160 mL de líquido péctico obtenido en el prensado se evaporó a una temperatura de 60 °C mediante agitación constante, hasta obtener un concentrado de 1/4 del volumen inicial; es decir se concentra hasta llegar a 40 mL (Chaparro *et al.*, 2015: pp.436). Esta operación se la realizó en un agitador magnético con calentamiento. En esta etapa se obtiene la pectina líquida la cual es un líquido viscoso de color rojo.

Para determinar el tiempo de extracción de pectina por hidrólisis ácida se debe considerar que esta se realiza en dos etapas: la primera que es la solubilización de 9 g de pulpa seca en 500 mL de solución ácida a pH de 1,2 y 3 con un tiempo 80 min y 85 °C de temperatura; la segunda etapa se lo realiza una vez que haya finalizado el tiempo de solubilización, donde

posteriormente se concentra el líquido péctico a 60 °C con agitación constante hasta que alcance 1/4 de su volumen a este tiempo transcurrido se le conoce como tiempo de concentración.

El tiempo de extracción es la suma del tiempo de solubilización más el tiempo de concentración, el cual puede variar de acuerdo al estado de madurez de la fruta, tipo de ácido a utilizar y el pH de la solución. Estos datos se pueden observar en la tabla 13-3 que se muestra a continuación:

Tabla 13-3: Tiempo de extracción por hidrólisis ácida

Estado de madurez	Tipo de ácido	pH	Tratamiento	Tiempo de concentración (min)	Tiempo de extracción (min)
Madura	Cítrico	1	T1	182,00 ± 2,00	262,00 ± 2,00
		2	T2	174,67 ± 2,08	254,67 ± 2,08
		3	T3	165,33 ± 0,58	245,33 ± 0,58
	Tartárico	1	T4	181,33 ± 1,53	261,33 ± 1,53
		2	T5	177,67 ± 0,58	257,67 ± 0,58
		3	T6	169,67 ± 1,53	249,67 ± 1,53
Verde	Cítrico	1	T7	198,00 ± 2,65	278,00 ± 2,65
		2	T8	183,33 ± 3,06	263,33 ± 3,06
		3	T9	169,67 ± 1,53	249,67 ± 1,53
	Tartárico	1	T10	199,00 ± 2,00	279,00 ± 2,00
		2	T11	191,33 ± 3,21	271,33 ± 3,21
		3	T12	179,33 ± 4,04	259,33 ± 4,04

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

3.2.2.2.4 Precipitación

Para la coagulación de la pectina se agregó el doble en volumen de alcohol etílico al 96% con relación a la pectina líquida obtenida, observándose la precipitación de la pectina al agitar y tapar el recipiente que le contiene, se recomienda dejar en reposo por 4 horas para que precipite completamente. (Chaparro *et al.*, 2015: pp.437).

3.2.2.2.5 Filtración y lavado

Después de dejar en reposo la pectina, se realizó un filtrado haciendo uso de una bomba de vacío, un kitasato, un embudo buncher y papel filtro como medio filtrante, con la finalidad de separar el coágulo (pectina en forma de gel) del líquido (alcohol y agua). Para el lavado de la pectina coagulada se utilizó 40 mL de alcohol etílico al 70% y se filtró, se realizó un segundo lavado con la misma cantidad de alcohol etílico al 96% para reducir la coloración rojiza característica de la pectina obtenida (Chaparro *et al.*, 2015: pp.437).

3.2.2.2.6 Secado 2

La pectina coagulada se secó en una estufa a una temperatura de 60 °C por un lapso de 24 horas, con la finalidad de obtener el rendimiento porcentual de la pectina extraída por el método de hidrólisis ácida (Maldonado *et al.*, 2010: pp.179).

Una vez obtenida la pectina seca en cada tratamiento, se calculó la cantidad de material no péctico (carbohidratos) el cual se considera rechazo, tomado en cuenta 9 g del peso de la fruta seca que se alimentó en la hidrólisis ácida, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

$$P_M = P_P + P_C \quad \text{Ec. 7-3}$$

Donde:

P_S = Peso de muestra seca, [g]

P_P = Peso de la pectina obtenida, [g]

P_C = Peso del material no péctico (carbohidratos), [g]

En la tabla 14-3, se tiene el peso de la pectina obtenida aplicando la hidrólisis ácida como método de extracción.

Tabla 14-3: Obtención de pectina seca mediante hidrólisis ácida.

Estado de madurez	Tipo de ácido	pH	Tratamiento	P_P (g)	P_C (g)
Madura	Cítrico	1	T1	2,38 ± 0,03	6,62 ± 0,03
		2	T2	2,14 ± 0,02	6,86 ± 0,02
		3	T3	1,14 ± 0,03	7,86 ± 0,03
	Tartárico	1	T4	2,30 ± 0,02	6,70 ± 0,02
		2	T5	1,86 ± 0,06	7,14 ± 0,06
		3	T6	1,03 ± 0,02	7,97 ± 0,02
Verde	Cítrico	1	T7	3,38 ± 0,03	5,62 ± 0,03
		2	T8	2,79 ± 0,08	6,21 ± 0,08
		3	T9	1,86 ± 0,05	7,14 ± 0,05
	Tartárico	1	T10	3,21 ± 0,11	5,79 ± 0,11
		2	T11	2,49 ± 0,04	6,51 ± 0,04
		3	T12	1,49 ± 0,04	7,51 ± 0,04

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

3.2.2.2.7 Molienda y tamizado

Se realizó una molienda para reducir el tamaño de partícula de la pectina seca, haciendo uso de un mortero con pistilo. Posteriormente se tamizó la pectina molida para homogenizar el tamaño de la partícula y mejorar la apariencia de la pectina, poder gelificante y capacidad de

solubilidad. Se recomienda que el número de malla del tamiz sea de 80 (U.S. STD. Sieve) que equivale a una abertura de 177 μm para realizar la caracterización de la pectina obtenida en cada tratamiento.

3.2.2.2.8 Almacenamiento

El almacenamiento se lo realizó en fundas herméticas ziploc compuestas de polietileno con el fin de proteger las muestras de pectina de la humedad del ambiente, evitar la contaminación y modificaciones en su apariencia y en su calidad.

3.2.3 Caracterización de la pectina obtenida

Para determinar la calidad y poder realizar la optimización de todo el proceso de obtención se debe realizar los siguientes análisis en cada muestra de pectina:

- a. Rendimiento de pectina
- b. Humedad
- c. Cenizas
- d. Peso equivalente
- e. Acidez libre
- f. Porcentaje de metoxilo
- g. Grado de esterificación
- h. Porcentaje de ácido anhidro galacturónico

3.2.3.1 Determinación del rendimiento de pectina (%Rend)

Para la determinación del rendimiento de la pectina obtenida por tratamiento, se tomó en cuenta el peso de pectina extraída en cada tratamiento en relación con 9 g de pulpa seca de la fruta pomarrosa ingresada en el proceso de hidrólisis ácida, para su determinación se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{Rend}_{\text{pectina}} = \frac{P_p}{P_s} \times 100 \quad \text{Ec. 8-3}$$

Donde:

P_p = Peso de la pectina obtenida, [g]

P_s = Peso de la pulpa seca, [g]

3.2.3.2 Determinación humedad (%H)

Para la determinación de la humedad en la pectina se utilizó el método de la AOAC. 925.10, basada en la pérdida de peso que sufre la muestra por calentamiento hasta obtener peso constante (Pérez, 2012: pp.67), siguiendo el procedimiento que se detalla a continuación:

- 1) Realizar el tarado de la cápsula de porcelana hasta obtener un peso constante, mediante el uso de una estufa de secado a una temperatura de 100 °C.
- 2) En una balanza analítica pesar la cápsula de porcelana vacía (m_1).
- 3) En la cápsula de porcelana, pesar 1 g de la muestra de pectina obtenida en la hidrólisis ácida (m_2).
- 4) Ingresar la muestra de pectina pesada en la cápsula de porcelana en una estufa y secar a 70 °C y 16 h.
- 5) Una vez transcurridas las 16 h de secado, retirar la cápsula más la muestra seca y colocarla en un desecador y dejar enfriar.
- 6) Pesar la cápsula más la muestra seca de pectina libre de humedad (m_3).

La ecuación para el cálculo es la siguiente:

$$\%H = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100 \quad \text{Ec. 9-3}$$

Donde:

m_1 = Peso de la cápsula de porcelana vacía, [g]

m_2 = Peso inicial de la muestra más la cápsula de porcelana, [g]

m_3 = Peso final de la pectina libre de humedad más la cápsula de porcelana, [g]

En la tabla 15-3, se observa los datos obtenidos experimentalmente para determinar el porcentaje de humedad en cada muestra.

Tabla 15-3: Porcentaje de humedad de la pectina

Estado de madurez	Tipo de ácido	pH	Tratamiento	m_1 (g)	m_2 (g)	m_3 (g)
Madura	Cítrico	1	T1	51,0887	52,0887	51,9684 ± 0,0058
		2	T2	46,5206	47,5206	47,4047 ± 0,0061
		3	T3	55,8865	56,8865	56,7680 ± 0,0053
	Tartárico	1	T4	23,4210	24,4210	24,3293 ± 0,0034
		2	T5	23,3260	24,3260	24,2113 ± 0,0018
		3	T6	48,2617	49,2617	49,1288 ± 0,0057

Verde	Cítrico	1	T7	46,6676	47,6676	47,5227 ± 0,0035
		2	T8	47,7257	48,7257	48,6107 ± 0,0032
		3	T9	46,7173	47,7173	47,6140 ± 0,0037
	Tartárico	1	T10	98,9116	99,9116	99,7275 ± 0,0023
		2	T11	82,6057	83,6057	83,4679 ± 0,0029
		3	T12	97,7753	98,7753	98,6589 ± 0,0040

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

3.2.3.3 Determinación de cenizas (%C)

Para la determinación de la ceniza en la pectina se utilizó el método de la AOAC 923.03, incineración de la muestra a 600 °C para quemar todo el material orgánico, al material inorgánico no destruido se le llama ceniza. (Pérez, 2012: pp.68). para lo cual se siguió el procedimiento que se detalla a continuación:

- 1) Realizar el tarado del crisol de porcelana hasta obtener un peso constante, mediante el uso de una estufa de secado a una temperatura de 100 °C.
- 2) En una balanza analítica pesar el crisol de porcelana vacío (p_1).
- 3) Colocar 1 g de la muestra inicial de pectina en el crisol de porcelana (p_2).
- 4) Introducir el crisol de porcelana con la muestra libre de humedad en una mufla y dejar por 4 h a 600 °C.
- 5) Una vez transcurridas las 4 h, retirar el crisol con las cenizas y colocarlo en un desecador y dejar enfriar.
- 6) Pesar el crisol con las cenizas (p_3).

La ecuación para el cálculo del %C es la siguiente:

$$\%C = \frac{p_3 - p_1}{p_2 - p_1} \times 100 \quad \text{Ec. 10-3}$$

Donde:

p_1 = Peso del crisol de porcelana vacío, [g]

p_2 = Peso inicial de la muestra más la más el crisol de porcelana, [g]

p_3 = Peso del crisol de porcelana con cenizas, [g]

La tabla 16-3, presenta los datos para el cálculo del porcentaje de ceniza en cada tratamiento.

Tabla 16-3: Porcentaje de ceniza de la pectina

Estado de madurez	Tipo de ácido	pH	Tratamiento	p ₁ (g)	p ₂ (g)	p ₃ (g)
Madura	Cítrico	1	T1	24,9366	25,9366	24,9460 ± 0,0306
		2	T2	24,5959	25,5959	24,6187 ± 0,0208
		3	T3	24,7728	25,7728	24,7977 ± 0,0153
	Tartárico	1	T4	41,1506	42,1506	41,1683 ± 0,0569
		2	T5	38,9514	39,9514	38,9745 ± 0,0551
		3	T6	42,9409	43,9409	42,9707 ± 0,0252
Verde	Cítrico	1	T7	11,7066	12,7066	11,7156 ± 0,0361
		2	T8	11,7131	12,7131	11,7296 ± 0,0416
		3	T9	10,3804	11,3804	10,4020 ± 0,0208
	Tartárico	1	T10	25,3730	26,3730	25,3874 ± 0,0252
		2	T11	26,0935	27,0935	26,1153 ± 0,0252
		3	T12	22,1098	23,1098	22,1371 ± 0,0208

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

3.2.3.4 Determinación de peso equivalente (PE) y acidez libre (AL)

Para determinar el peso equivalente y la acidez libre de cada tratamiento se utilizó el método de valoración de Schultz y Schweiger mediante una titulación ácido-base con hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N como valorante y 0,1 g de pectina extraída como analito (Mendoza et al, 2017: pp.133).

Procedimiento:

- 1) Preparar una solución de 250 mL de NaOH 0,1 N el cual se utiliza como valorante.
- 2) Colocar la solución de NaOH en una bureta de 25 mL.
- 3) Preparar 10 mL de solución de pectina al 1%.
- 4) Trasvasar la solución de pectina a un matraz erlenmeyer de 100 mL y añadir de 3 a 4 gotas de fenolftaleína.
- 5) Colocar el matraz erlenmeyer más solución de pectina en un agitador magnético y agitar.
- 6) Realizar la titulación de la solución de pectina con NaOH 0,1 N hasta obtener un pH de 7,5 o aparezca un color violeta claro (Sun et al, 2020: pp.1240).

La ecuación para el cálculo del PE es la siguiente:

$$PE = \frac{mg \text{ del componente ácido}}{meq (A)_{NaOH}} \quad \text{Ec. 11-3}$$

Donde:

meq A_(NaOH): meq de NaOH utilizados en la titulación

Componente ácido: peso de la muestra, [mg]

La ecuación para el cálculo de la AL es la siguiente:

$$AL = \frac{meq (A)_{NaOH}}{componente\ ácido} \quad \text{Ec. 12-3}$$

Donde:

meq A_(NaOH): meq de NaOH utilizados en la titulación

Componente ácido: peso de la muestra [g]

Para realizar la determinación del peso equivalente y la acidez libre que presenta cada tratamiento se necesita los miliequivalentes de NaOH gastados en la primera titulación los cuales se muestran a continuación en la tabla 17-3.

Tabla 17-3: Datos para determinación del peso equivalente y acidez libre.

Estado de madurez	Tipo de ácido	pH	Tratamiento	Titulación A	
				Vol. NaOH (mL)	meq A NaOH
Madura	Cítrico	1	T1	3,57 ± 0,115	0,36 ± 0,012
		2	T2	1,18 ± 0,029	0,12 ± 0,003
		3	T3	0,57 ± 0,029	0,06 ± 0,003
	Tartárico	1	T4	3,20 ± 0,100	0,32 ± 0,010
		2	T5	1,35 ± 0,050	0,14 ± 0,005
		3	T6	0,40 ± 0,000	0,04 ± 0,000
Verde	Cítrico	1	T7	4,22 ± 0,029	0,42 ± 0,003
		2	T8	2,20 ± 0,100	0,22 ± 0,010
		3	T9	0,73 ± 0,029	0,07 ± 0,003
	Tartárico	1	T10	4,05 ± 0,050	0,41 ± 0,005
		2	T11	2,07 ± 0,058	0,21 ± 0,006
		3	T12	0,55 ± 0,050	0,06 ± 0,005

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

3.2.3.5 Determinación del porcentaje de metoxilo (%Me)

Para determinar el porcentaje de cada tratamiento se utilizó el método de valoración ácido-base de Schultz y Schweiger utilizando la solución empleada para la determinación del peso equivalente y acidez (Mendoza et al, 2017: pp.133).

Procedimiento:

- 1) Tomar la solución resultante de la determinación del peso equivalente y acidez.
- 2) Agrega 2 mL de hidróxido de sodio 0,5 N para desesterificar la pectina en un tiempo de 15 minutos y con agitación continua de 300 revoluciones por minutos (RPM).
- 3) Neutralizar la solución desesterificada con 2 mL ácido clorhídrico 0,5 N y agitar.
- 4) Titular con hidróxido de sodio 0,1 N para determinar el porcentaje de metoxilo, hasta que aparezca el color marrón (Sun et al, 2020: pp.1240).

El %Me se calcula por medio de la ecuación:

$$\%Me = \frac{meq(B)_{NaOH} * 31}{componente\ ácido} \times 100 \quad \text{Ec. 13-3}$$

Donde:

31: peso molecular del metoxilo (CH₃O) [mg/meq]

meq B_(NaOH): meq de NaOH utilizados en la titulación

Componente ácido: peso de la muestra [mg]

Para conocer si la pectina extraída es de alto metoxilo o bajo metoxilo se tiene la tabla 18-3, la cual indica los datos obtenidos experimentalmente de la segunda titulación.

Tabla 18-3: Datos para la determinación del porcentaje de metoxilo

Estado de madurez	Tipo de ácido	pH	Tratamiento	Titulación B	
				Vol. NaOH (mL)	meq B NaOH
Madura	Cítrico	1	T1	1,83 ± 0,058	0,18 ± 0,006
		2	T2	2,75 ± 0,050	0,28 ± 0,005
		3	T3	2,57 ± 0,153	0,26 ± 0,015
	Tartárico	1	T4	1,33 ± 0,153	0,13 ± 0,015
		2	T5	2,95 ± 0,050	0,30 ± 0,005
		3	T6	3,27 ± 0,058	0,33 ± 0,006
Verde	Cítrico	1	T7	1,38 ± 0,029	0,14 ± 0,003
		2	T8	2,53 ± 0,115	0,25 ± 0,012
		3	T9	3,12 ± 0,104	0,31 ± 0,010
	Tartárico	1	T10	1,10 ± 0,100	0,11 ± 0,010
		2	T11	1,98 ± 0,029	0,20 ± 0,003
		3	T12	2,90 ± 0,173	0,29 ± 0,017

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

3.2.3.6 Determinación del grado de esterificación (%Ge)

El grado de esterificación, se calcula relacionando los meq B gastados en la titulación de determinación del porcentaje de metoxilación y la suma del total de los meq A gastados en la titulación de determinación del peso equivalentes más los meq B (Mendoza et al, 2017: pp.133).

Para el cálculo del %Ge es necesario conocer los miliequivalentes de NaOH de la primera titulación (meq A NaOH) y los miliequivalentes de NaOH de la segunda titulación (meq B NaOH), estos datos se pueden encontrar en la tabla 17-3 y la tabla 18-3 respectivamente.

El %Ge se calcula por medio de la ecuación:

$$\%Ge = \frac{meq (B)_{NaOH}}{meq (A)_{NaOH} + meq (B)_{NaOH}} \times 100 \quad \text{Ec. 14-3}$$

Donde:

Meq A_(NaOH): meq de NaOH utilizados en la 1^{ra} titulación

Meq B_(NaOH): meq de NaOH utilizados en la 2^{da} titulación

3.2.3.7 Determinación del porcentaje de ácido anhídrido galacturónico (AAG)

El porcentaje AAG permite conocer el grado de pureza de la sustancia péctica, debido a que la pectina es un polisacárido constituido no solo por ácido D-galacturónico, sino también, en su estructura, el 10% o más de la cadena puede representar otros azúcares, como arabinosa, glucosa y ramnosa (Mendoza et al, 2017: pp.133). Para calcular el porcentaje de AAG se debe determinar su peso molecular, así como también los meq A NaOH y meq B NaOH los cuales se encuentran en las tablas antes mencionadas en la determinación del grado de esterificación, esto en función del peso de la pectina obtenida en cada tratamiento.

El %AAG se calcula por medio de la ecuación:

$$\%AAG = \frac{176 [meq (A)_{NaOH} + meq (B)_{NaOH}]}{\text{componente ácido}} \times 100 \quad \text{Ec. 15-3}$$

Donde:

176: Peso molecular del ácido anhídrido galacturónico [mg/meq]

Meq A_(NaOH): meq de NaOH utilizados en la 1^{ra} titulación

Meq B_(NaOH): meq de NaOH utilizados en la 2^{da} titulación

Componente ácido: peso de la muestra [mg]

CAPITULO IV

4 MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Discusión y análisis de resultados

Para conocer el tratamiento adecuado en la obtención de pectina a partir de la pomarrosa mediante hidrólisis ácida, se utilizó SPSS como programa estadístico mediante un análisis de varianza, haciendo uso del análisis descriptivo y de la prueba de Fisher para determinar las condiciones óptimas de trabajo como estado de madurez de la fruta, tipo de ácido orgánico a utilizar y pH de la solución extractora del material péctico.

Este análisis se lo hizo en tres etapas que son las siguientes:

- 1) Pretratamiento de la materia prima
- 2) Extracción de pectina mediante hidrólisis ácida
- 3) Caracterización de la pectina obtenida

En el pretratamiento de la materia prima se determinó el estado de madurez de la fruta, tomando en cuenta el rendimiento de la fruta seca sea está madura o verde. Para la etapa de obtención de pectina mediante hidrólisis ácida se determinará el tipo de ácido a utilizar mediante el rendimiento porcentual obtenido de pectina en cada tratamiento. Para la etapa de caracterización se determinará el pH adecuado y el tratamiento óptimo analizando el porcentaje de humedad, porcentaje de ceniza, peso equivalente, acidez libre, porcentaje de metoxilo, grado de esterificación y porcentaje de ácido anhídrido galacturónico que presenta la pectina obtenida por hidrólisis ácida.

A continuación, se presentan los resultados de la investigación de obtención de pectina a partir de la fruta pomarrosa, los cuales se han determinado mediante el uso de las ecuaciones que estaban establecidas en cada operación unitaria de la metodología a seguir, tomando en cuenta para el cálculo los datos obtenidos de manera experimental por cada etapa que compone el proceso de extracción por hidrólisis ácida. Estos resultados se los puede observar en la tabla 1-4.

Tabla 1-4: Resultados experimentales del proceso de extracción de pectina por hidrólisis ácida.

Tratamiento	Estado de Madurez	Ácido	pH	PRETRATAMIENTO		EXTRACCIÓN DE PECTINA			CARACTERIZACIÓN DE LA PECTINA						
				PesoPS (g)	RendPS (%)	TiempoE (min)	PesoP (g)	RendP (%)	%H	%C	PE (mg/meq)	AL (meq/g)	%Me	%GE	%AAG
T1	Maduro	Ácido Cítrico	1	9,36±0,21	1,87±0,04	262,00±2,00	2,38±0,03	26,48±0,34	12,03±0,58	0,94±0,03	285,71±8,91	3,57±0,12	5,68±0,18	33,95±0,02	95,04±3,05
T2	Maduro	Ácido Cítrico	2	9,09±0,07	1,82±0,02	254,67±2,08	2,14±0,02	23,82±0,17	11,59±0,61	2,28±0,02	845,41±20,92	1,18±0,03	8,53±0,16	69,91±0,64	69,23±1,02
T3	Maduro	Ácido Cítrico	3	9,13±0,07	1,83±0,02	245,33±0,58	1,14±0,03	12,70±0,36	11,85±0,53	2,49±0,02	1767,68±87,47	0,57±0,03	7,96±0,47	81,87±1,64	55,15±2,21
T4	Maduro	Ácido Tartárico	1	9,08±0,09	1,82±0,02	261,33±1,53	2,30±0,02	25,52±0,17	9,17±0,34	1,77±0,06	312,70±9,78	3,20±0,10	4,13±0,47	29,35±1,72	79,79±4,43
T5	Maduro	Ácido Tartárico	2	9,11±0,06	1,82±0,01	257,67±0,58	1,86±0,06	20,63±0,68	11,47±0,18	2,31±0,06	741,42±27,48	1,35±0,05	9,15±0,16	68,61±1,03	75,68±0,88
T6	Maduro	Ácido Tartárico	3	9,10±0,05	1,82±0,01	249,68±1,53	1,03±0,02	11,48±0,23	13,29±0,57	2,98±0,03	2500,00±0,00	0,40±0,00	10,13±0,18	89,09±0,17	64,53±1,02
T7	Verde	Ácido Cítrico	1	19,31±1,49	3,86±0,29	278,00±2,65	3,38±0,03	37,55±0,30	14,49±0,35	0,90±0,04	237,16±1,62	4,22±0,03	4,29±0,09	24,70±0,35	98,56±0,88
T8	Verde	Ácido Cítrico	2	19,64±1,04	3,93±0,21	263,33±3,06	2,79±0,08	31,04±0,91	11,50±0,32	1,65±0,04	455,17±20,71	2,20±0,10	7,85±0,36	53,52±0,58	83,31±3,66
T9	Verde	Ácido Cítrico	3	18,28±1,44	3,66±0,29	249,67±1,53	1,86±0,05	20,63±0,56	10,33±0,37	2,16±0,02	1365,08±54,99	0,73±0,03	9,66±0,32	80,94±1,04	67,76±1,52
T10	Verde	Ácido Tartárico	1	18,27±0,77	3,66±0,16	279,00±2,00	3,21±0,11	35,71±1,23	18,41±0,23	1,44±0,03	246,94±3,05	4,05±0,05	3,41±0,31	21,34±1,44	90,64±2,33
T11	Verde	Ácido Tartárico	2	19,73±0,83	3,95±0,16	271,33±3,21	2,49±0,04	27,67±0,45	13,78±0,29	2,18±0,03	484,13±13,75	2,07±0,06	6,15±0,09	48,98±0,94	71,28±0,88
T12	Verde	Ácido Tartárico	3	18,97±0,92	3,79±0,18	259,33±4,04	1,49±0,04	16,52±0,42	11,64±0,40	2,73±0,02	1828,28±166,89	0,55±0,05	8,99±0,54	84,07±0,68	60,72±3,84

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

4.1.1 Discusión y análisis de resultados del pretratamiento de la materia prima

El pretratamiento de la materia prima se la realizó con la finalidad de cuantificar el contenido de la materia seca en 500 gr de pomarrosa tanto en fruta madura como en fruta verde. En esta etapa se trabajó con diferentes aplicaciones que ayudaron a determinar cuál de los estados de madurez presentaban mayor rendimiento.

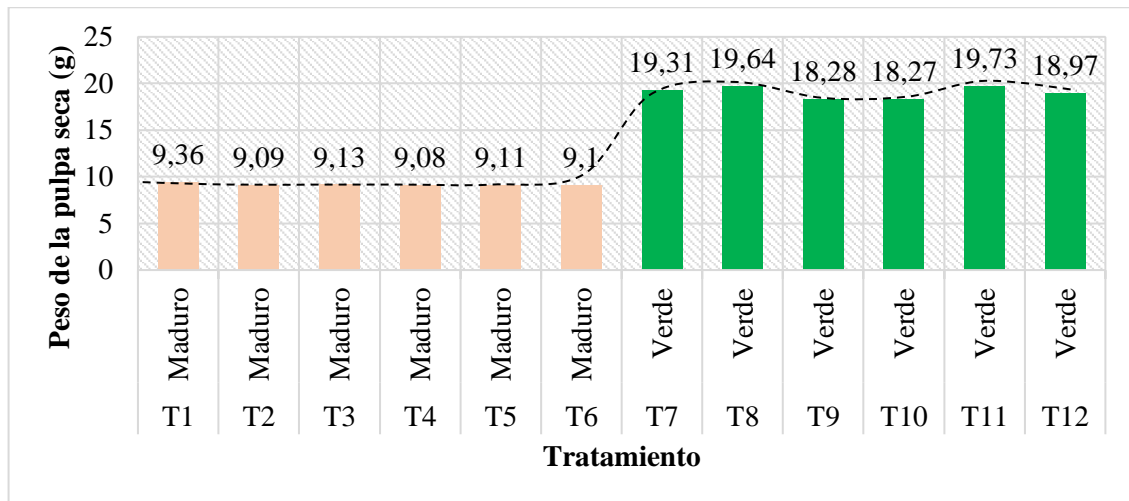


Gráfico 1-4: Peso de la pulpa seca obtenida en el pretratamiento

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

La tabla 1-4 indica el peso de la pulpa seca obtenida en la etapa del pretratamiento de la materia prima, donde se observa que existe mayor cantidad de materia seca en el estado de madurez verde, esto se lo comprueba en el gráfico 1-4, que indica que existe una media de la pulpa seca en los tratamientos de la fruta madura de 9,15 g; al contrario, se verifica que los tratamientos a partir de la fruta verde el peso obtenido es mayor obteniéndose una media de 19,04 g.

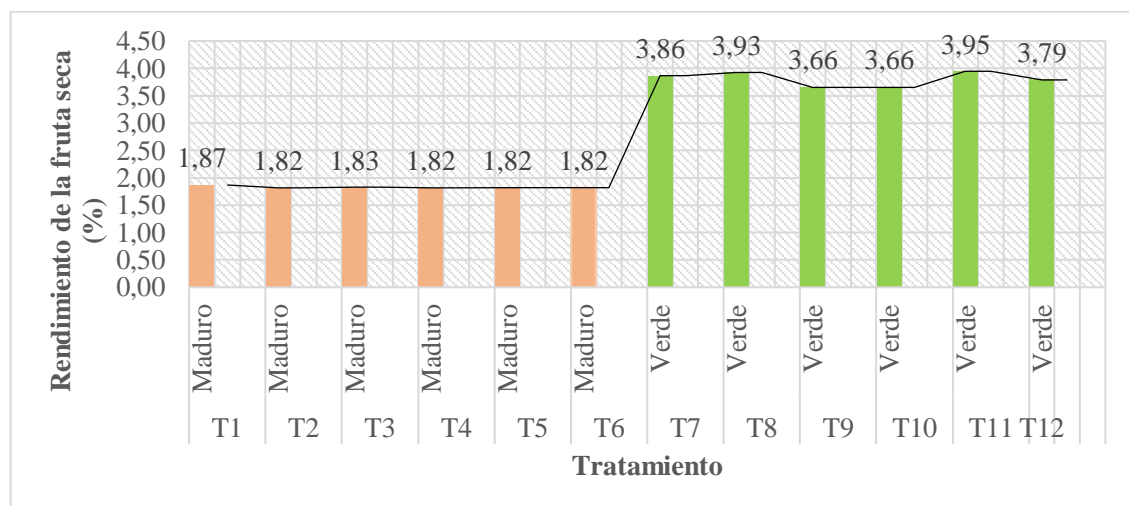


Gráfico 2-4: Selección del estado de madurez en relación con el rendimiento de la pulpa seca

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

En el gráfico 2-4 se observa el estado de madurez en relación con el rendimiento de la pulpa seca de cada tratamiento, donde se visualiza que para los tratamientos que se lo realizó con fruta madura se tienen rendimientos de muestra seca bajos que son los siguientes: T1 1,87%, T2 1,82%, T3 1,83%, T4 1,82%, T5 1,82% y T6 1,82% con una media de 1,83%, esto indica que el estado maduro presenta una gran presencia de agua en sus composición; por el contrario en la fruta verde se observa que el rendimiento es mayor que el estado maduro, debido a que esta posee menor cantidad de agua en su composición teniendo los siguientes resultados: T7 3,86%, T8 3,96%, T9 3,66%, T10 3,66%, T11 3,95% y T12 3,79% presentando una media de 3,81%.

Tabla 2-4 Análisis descriptivo del pretratamiento de la materia prima mediante el uso de SPSS

Descriptivos								
Rendimiento de la pulpa seca (%)								
Estado de madurez	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Maduro	18	1,8289	0,02698	0,00636	1,8155	1,8423	1,80	1,90
Verde	18	3,8072	0,22244	0,05243	3,6966	3,9178	3,48	4,18
Total	36	2,8181	1,01528	0,16921	2,4745	3,1616	1,80	4,18

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Fuente: IBM SPSS Statistics 25, 2021

Por tal razón, se realizó un análisis descriptivo del rendimiento de la pulpa seca en relación con el estado de madurez, el cual se detalla en la tabla 2-4 e indica que el pretratamiento a partir de la fruta madura presenta una media de 1,83% en rendimiento de pulpa seca; pero si se analiza la media de la fruta verde se tiene que es de 3,81%. Para lo cual se comprueba que la fruta verde es la adecuada para continuar con la etapa de extracción del material péctico por hidrólisis ácida porque se obtiene mayor cantidad de materia prima seca.

Para comprobar lo antes mencionado se establecieron las hipótesis y se realizó un ANOVA mediante la prueba de Fisher con el fin de conocer si se acepta o se rechaza la hipótesis nula.

H₀ = El rendimiento obtenido de la fruta seca es mayor en el estado maduro.

H₁ = El rendimiento obtenido de la fruta seca es mayor en el estado de madurez verde.

Tabla 3-4: Análisis de varianza del pretratamiento de la materia mediante el uso de SPSS

ANOVA-FISHER					
Rendimiento de la pulpa seca (%)					
95% del intervalo de confianza	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	35,224	1	35,224	1403,127	3,1307E-29
Dentro de grupos	0,854	34	0,025		
Total	36,078	35			

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021
Fuente: IBM SPSS Statistics 25, 2021

Al observar la tabla 3-4, se rechaza la hipótesis nula (H_0) por lo que el nivel de significancia es $3,13E-29$ menor al $0,05$ y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), por lo que se decide que en el estado de madurez verde presenta mayor rendimiento en pulpa seca.

4.1.2 *Discusión y análisis de resultados de la obtención de pectina mediante hidrólisis ácida*

Al realizar la extracción por hidrólisis ácida se establecieron algunas variables de proceso en las cuales se debía controlar la temperatura de solubilización ácida $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ y el tiempo de solubilización a 80 min , esto con la finalidad de extraer el material péctico. Además, se controló la temperatura de evaporación a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, para concentrar el líquido péctico y de esa manera evitar la desnaturalización de la pectina líquida., también es muy importante controlar la temperatura de secado al momento de eliminar la humedad presente en la misma para un buen secado y evitar que se desnaturalice se debe trabajar a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esta etapa es de vital importancia tomar en cuenta para el análisis estadístico el tiempo de extracción y el rendimiento de la pectina obtenida.

Al observar el gráfico 3-4, se determina que el tipo de ácido a utilizarse para la extracción de pectina de la muestra seca de la fruta pomarrosa es el ácido cítrico, puesto que los valores de rendimiento a pH1 de $37,55\%$; pH2 de $31,04\%$ y pH3 de $20,63\%$ de los tratamientos T7, T8 y T9 respectivamente son ligeramente mayor en comparación con los rendimientos de la obtención de pectina con el ácido tartárico el cual presento los siguientes valores: pH1 de $35,71\%$ en T10; pH2 de $27,67\%$ en T11 y pH3 de $16,52\%$ en T12. Al momento de comparar los resultados con la tabla 7-2 referente al rendimiento y la calidad para los métodos de extracción HMO y convencional de $20,1\%$ y $16,3\%$ respectivamente se observa que T7, T8 y T9 poseen valores superiores, lo cual ayuda a decidir que el ácido que se debe utilizar en la extracción es el cítrico en fruta con estado de madurez verde.

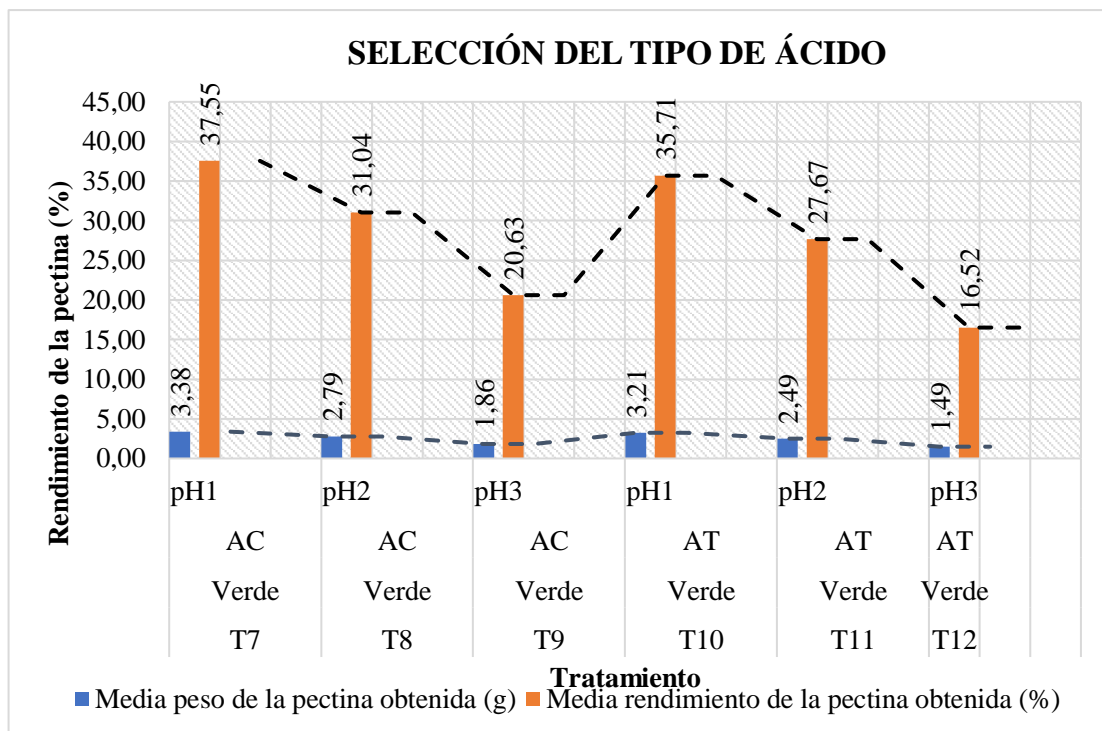


Gráfico 3-4: Determinación del tipo de ácido a utilizarse en la hidrólisis ácida
Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Además, esto se puede corroborar con las cantidades extraídas de pectina en cada tratamiento en la tabla 1-4 a partir de 9 g de fruta pomarrosa verde seca en relación con los dos tipos de ácidos antes mencionados, donde se tiene los siguientes valores: 3,38 g en T7, 2,79 g en T8 y 1,85 g en T9 esto para el ácido cítrico; para el ácido tartárico 3,21 g en T10, 2,49 en T11 y 1,49 en T12. De esta manera se comprueba que se obtiene mejor rendimiento de obtención de pectina si se utiliza ácido cítrico como agente extractor en la hidrólisis ácida.

Tabla 4-4: Análisis descriptivo del rendimiento de pectina mediante el uso de SPSS

Descriptivos									
		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Tiempo de extracción (min)	Ácido Cítrico	9	263,6667	12,45994	4,15331	254,0891	273,2442	248,00	280,00
	Ácido Tartárico	9	269,8889	9,02004	3,00668	262,9555	276,8223	255,00	281,00
	Total	18	266,7778	11,02700	2,59909	261,2942	272,2614	248,00	281,00
Rendimiento de la pectina obtenida (%)	Ácido Cítrico	9	29,7400	7,41285	2,47095	24,0420	35,4380	20,11	37,89
	Ácido Tartárico	9	26,6300	8,37393	2,79131	20,1932	33,0668	16,22	37,00
	Total	18	28,1850	7,83698	1,84719	24,2878	32,0822	16,22	37,89

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021
Fuente: IBM SPSS Statistics 25, 2021

En la tabla 4-4 se tiene resultados descriptivos obtenidos utilizando SPSS, el cual indica que para extraer pectina utilizando solución de ácido cítrico se necesita 263,67 min para obtener un rendimiento de 29,74%; por el contrario, si se desea extraer pectina con ácido tartárico con un rendimiento medio de 26,63% se requiere un tiempo de 269,89 min. Aquí se deduce que la extracción de pectina a partir de pulpa seca de pomarrosa verde se lo debe de realizar con ácido cítrico como agente extractor por que se obtiene mayor cantidad de material péctico en menor tiempo de extracción.

Para comprobar lo antes mencionado se realizó un ANOVA mediante la prueba de Fisher, donde se establece las siguientes hipótesis.

H₀ = El rendimiento obtenido de pectina es mayor utilizando ácido cítrico como agente extractor en el estado de madurez verde.

H₁ = El rendimiento obtenido de pectina es mayor utilizando ácido tartárico como agente extractor en el estado de madurez verde.

Tabla 5-4: Análisis de varianza del rendimiento de pectina mediante el uso de SPSS

ANOVA-FISHER					
Rendimiento de la pectina obtenida (%)					
95% del intervalo de confianza	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	43,524	1	43,524	0,696	0,416
Dentro de grupos	1000,585	16	62,537		
Total	1044,109	17			

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Fuente: IBM SPSS Statistics 25, 2021

Al analizar la tabla 5-4, se acepta la hipótesis nula (H₀) por lo que el nivel de significancia es 0,416 mayor que 0,05; es decir, el rendimiento de extracción de pectina es mayor utilizando ácido cítrico como agente extractor.

4.1.3 *Discusión y análisis de resultados de la caracterización de la pectina obtenida*

Para determinar la calidad de la pectina se debe realizar una caracterización de algunos parámetros tales como: porcentaje de humedad, porcentaje de ceniza, peso equivalente, acidez libre, porcentaje de metoxilo, grado de esterificación y porcentaje de ácido anhídrido galacturónico, donde el análisis de cada uno indicará si es una pectina de bajo metoxilo o alto metoxilo.

Para optimizar el proceso de obtención de pectina por hidrólisis ácida se recomienda comparar los resultados de cada parámetro de calidad de los tratamientos T7, T8 y T9 con los establecidos por la FAO/WHO/JECFCA de acuerdo con la tabla 5-2, donde indica los requerimientos mínimos y máximos de cada parámetro de calidad de una pectina.

Para determinar el tratamiento adecuado se analizó los gráficos del 4-4 al 8-4 en comparación con las propiedades de la pectina comercial, así como también verificar si la pectina extraída mediante hidrólisis ácida de los tratamientos T7, T8 y T9 cumple con los requerimientos mínimos FAO/WHO/JECFCA

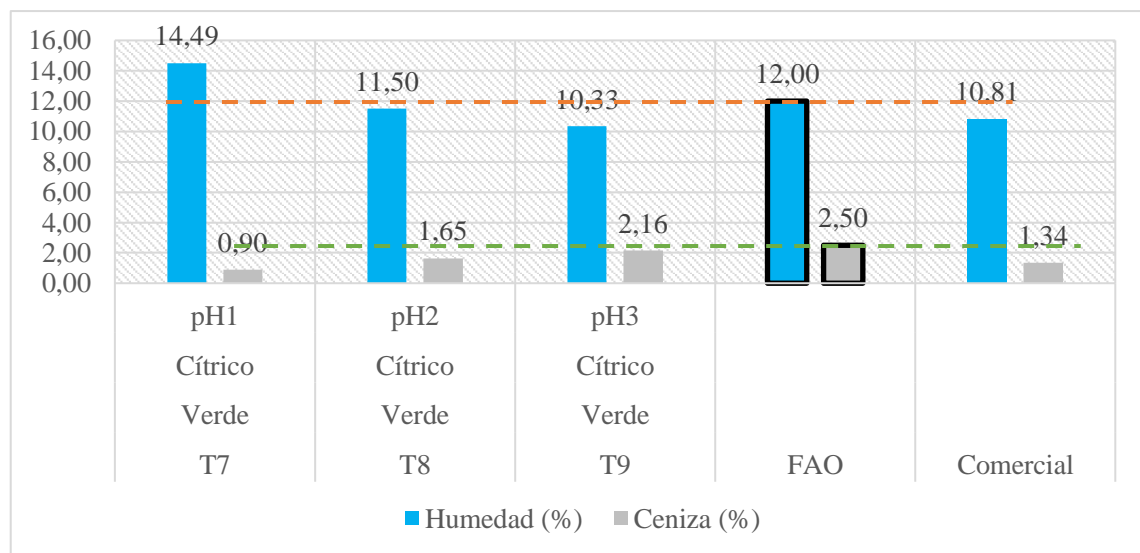


Gráfico 4-4: Humedad y cenizas en la pectina

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Al analizar el gráfico 4-4 se tiene los resultados de humedad de T7 14,49%; T8 11,50% y T9 10,3% si se comparan estos valores de la tabla 5-2 que presenta el porcentaje de humedad máximo de acuerdo a FAO/WHO/JECFCA de 12% y pectina comercial cítrica de 10,81%, se observa que T8 y T9 se encuentran por debajo del valor establecido pero T7 está por encima de lo normado; Un análisis similar se realiza con los resultados del porcentaje de cenizas para T7 0,90%; T8 1,65% y T9 2,16% donde se compara con el valor máximo establecido por la FAO / WHO / JECFCA de 2,5% y el de la pectina comercial de 1,34%, comprobando que los tres tratamientos T7, T8 y T9 están dentro de este parámetro. En este gráfico también se observó que a medida que la humedad disminuye la ceniza aumenta.

Por lo tanto, se decide que se debería realizar la caracterización de los tratamientos T8 y T9 por estar dentro de los parámetros establecidos por la FAO / WHO / JECFCA, comprobándose que estos valores son similares a la de una pectina comercial.

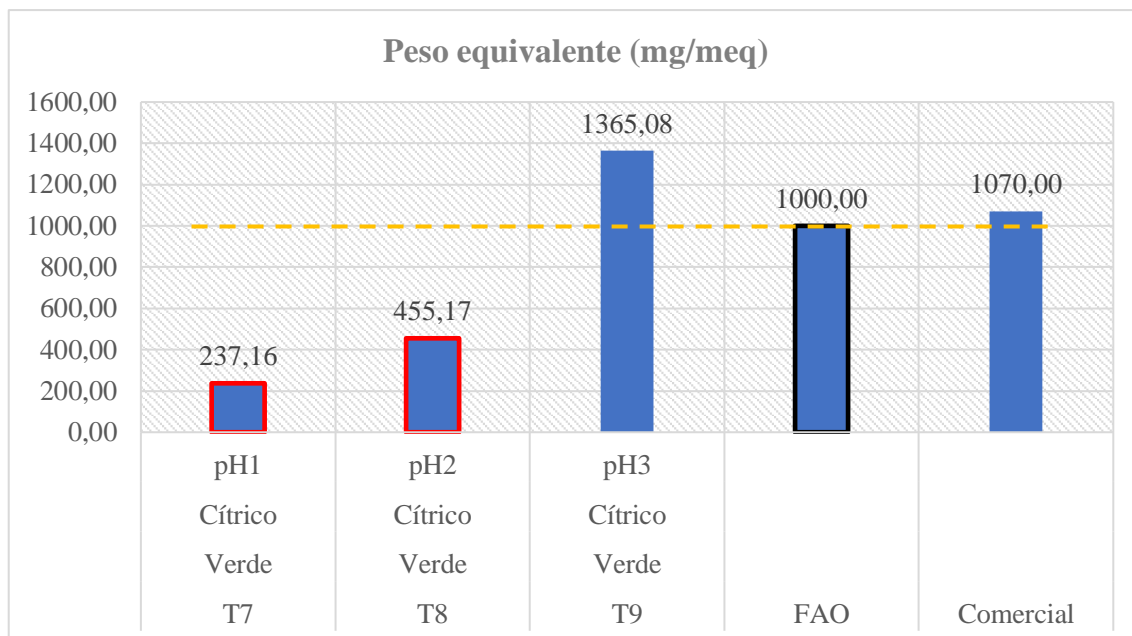


Gráfico 5-4: Peso equivalente en cada tratamiento

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

En el gráfico 5-4, se obtuvo los siguientes resultados de peso equivalente 237,16 mg/meq en T7; 455,17 mg/meq en T8 y 1365,08 mg/meq en T9 si se comparan con el resultado de la pectina comercial el cual es 1070 mg/meq de la tabla 5-2, se observa que el T9 es el que más se acerca y se deduce que es el tratamiento más adecuado para extraer el material péctico. Esto también se comprueba si se compara los resultados experimentales con la tabla 6-2 la cual tiene valores para pectina comercial gelificación lenta y pectina comercial gelificación rápida de $2702,9 \pm 54,4$ mg/meq y $3602,1 \pm 37,1$ mg/meq respectivamente y corrobora que el tratamiento óptimo es T9.

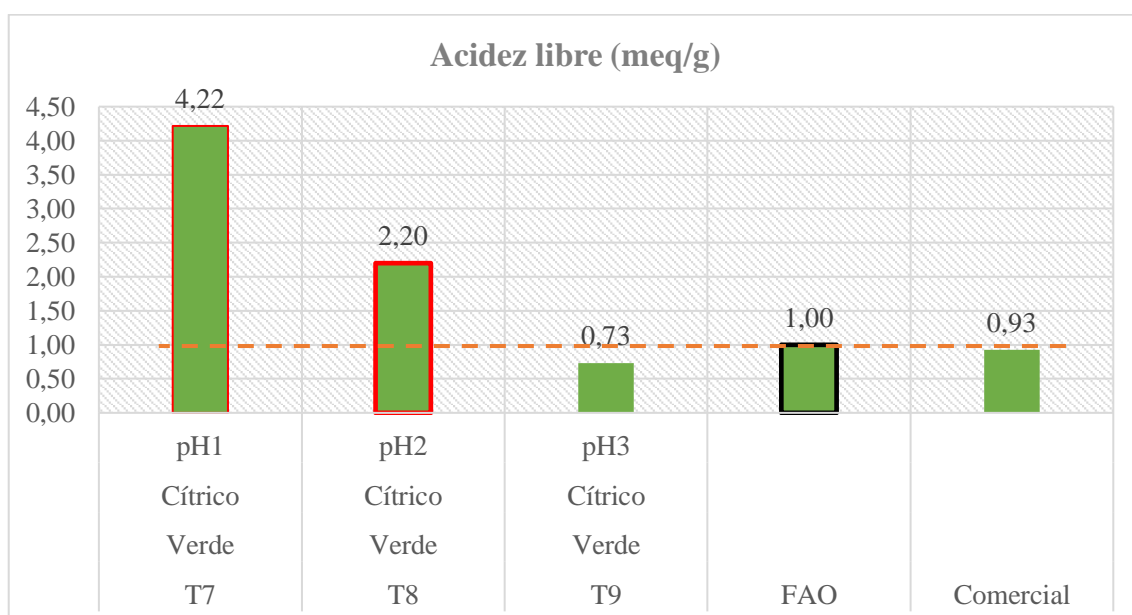


Gráfico 6-4: Acidez libre en cada tratamiento

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

En el gráfico 6-4, se observa que la acidez libre aumenta a medida que el agente extractor es más ácido, esto hace que disminuya el peso equivalente y por ende la calidad de la pectina; al comparar los valores experimentales de T7, T8 y T9 mediante la tabla 6-2 que indica la acidez libre en pectina comercial gelificación lenta y pectina comercial gelificación rápida de $0,37\pm 0,0$ meq/g y $0,28\pm 0,0$ meq/g, respectivamente se deduce que para obtener una pectina de buena calidad su acidez libre debe ser inferior a 1 meq/g, comprobándose que solo T9 posee un valor similar.

El último análisis se lo realiza mediante parámetros muy importantes como lo es el %Me, %Ge y %AAG. Si se desea determinar el tratamiento óptimo en el proceso de obtención de pectina mediante hidrólisis ácida se debe analizar las propiedades que determinan la calidad de una pectina. Estas propiedades indican si la pectina es de gran calidad o de baja calidad; es decir si es una pectina de alto índice de metoxilo o de bajo metoxilo, así como también si esterifica con facilidad o no. Para ello se necesitan el gráfico 7-4 y la tabla 1-4 que indican los resultados de la caracterización de pectina de los tratamientos T7, T8 y T9.

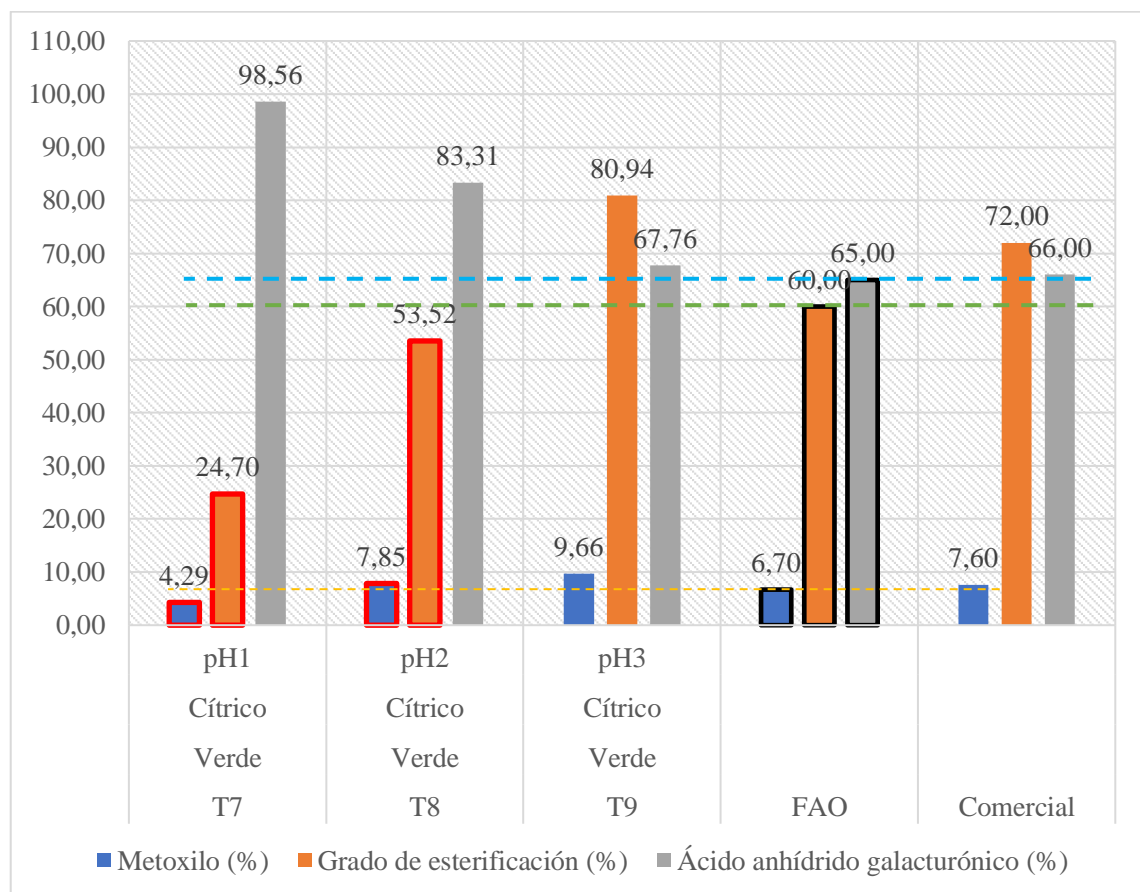


Gráfico 7-4: Determinación del tratamiento óptimo para la extracción de pectina
Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

Primero se analizó el porcentaje de metoxilo en T7 4,29%, T8 7,85% y T9 9,66% donde se observa que T7 está por debajo del valor mínimo 6,7% de acuerdo con FAO/WHO/JECFCA en la tabla 5-2, e indica que es una pectina de bajo índice de metoxilo (LM): al contrario, T8 y T9 están por encima del valor mínimo por lo que se deduce que son pectinas de alto índice de metoxilo (HM). Este mismo análisis se lo realiza con la tabla 7-2 donde presenta que para que una pectina sea de HM debe ser mayor a 6,8% lo cual solo cumplen T8 y T9.

Los valores experimentales de %Ge y %AAG a partir de la pomarrosa para T8 53,52% y 83,31%; T9 80,94% y 67,76% respectivamente, si estos resultados se comparan con la tabla 5-1 de acuerdo con FAO/WHO/JECFCA %Ge mínimo 60% y %AAG mínimo 65% se deduce que el tratamiento adecuado es el T9 por presentar valores mayores a lo establecidos por organismos de control de pureza de pectina. Este análisis también se lo puede realizar comparando los resultados experimentales de pectina de T8 y T9 con la tabla 7-2 referente al análisis químico de pectina a partir de manzana, donde se comprueba que T9 tiene valores similares de %AAG > 65 (FAO) indicando que es una pectina de gran calidad. Para corroborar lo antes mencionado también se realizó una última comparación con la tabla 8-2 análisis químico de pectina a partir de manzana donde se comprueba que solo T9 tiene valores similares.

Tabla 6-4: Análisis descriptivo de la caracterización de la pectina mediante el uso de SPSS

Descriptivos									
		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Porcentaje de metoxilo en la pectina (%)	pH1	3	4,2900	0,08660	0,05000	4,0749	4,5051	4,19	4,34
	pH2	3	7,8533	0,35796	0,20667	6,9641	8,7425	7,44	8,06
	pH3	3	9,6633	0,32347	0,18676	8,8598	10,4669	9,30	9,92
	Total	9	7,2689	2,38030	0,79343	5,4392	9,0986	4,19	9,92
Grado de esterificación en la pectina (%)	pH1	3	24,7000	0,34699	0,20033	23,8380	25,5620	24,32	25,00
	pH2	3	53,5200	0,57888	0,33422	52,0820	54,9580	53,06	54,17
	pH3	3	80,9400	1,03552	0,59786	78,3676	83,5124	80,00	82,05
	Total	9	53,0533	24,36299	8,12100	34,3263	71,7804	24,32	82,05
Porcentaje de ácido anhídrido galacturónico en la pectina (%)	pH1	3	98,5600	0,88000	0,50807	96,3740	100,7460	97,68	99,44
	pH2	3	83,3067	3,66373	2,11526	74,2055	92,4079	79,20	86,24
	pH3	3	67,7600	1,52420	0,88000	63,9737	71,5463	66,00	68,64
	Total	9	83,2089	13,49094	4,49698	72,8388	93,5789	66,00	99,44

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Fuente: IBM SPSS Statistics 25, 2021

En la tabla 6-4 se presenta el análisis descriptivo de los tratamientos T7 a pH1, T8 a pH2 y T9 a pH3, donde se comprueba que para el porcentaje de metoxilo los tratamientos T8 y T9 poseen

una media por encima del 6,7% de acuerdo a la FAO; pero si se analizan T8 y T9 en relación con GE y AAG sólo el tratamiento T9 es superior a los valores establecidos por la FAO para una pectina de buena calidad (60% mínimo para Ge y 65% para AAG).

Si se desea corroborar lo indicado en la tabla 6-4, se debe realizar un ANOVA mediante la prueba de Fisher, para lo cual se establece las siguientes hipótesis.

H₀ = La calidad de la pectina es mejor si se extrae a pH muy ácidos en la hidrólisis.

H₁ = La calidad de la pectina es mejor si se extrae a pH menos ácidos en la hidrólisis.

Tabla 7-4: Análisis de varianza de la caracterización de la pectina mediante el uso de SPSS

ANOVA-FISHER						
95% del intervalo de confianza		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Porcentaje de metoxilo en la pectina (%)	Entre grupos	44,846	2	22,423	279,977	0,000001
	Dentro de grupos	0,481	6	0,080		
	Total	45,327	8			
Grado de esterificación en la pectina (%)	Entre grupos	4745,386	2	2372,693	4659,039	2,6646E-10
	Dentro de grupos	3,056	6	0,509		
	Total	4748,442	8			
Ácido anhídrido galacturónico en la pectina (%)	Entre grupos	1423,003	2	711,502	129,203	0,000012
	Dentro de grupos	33,041	6	5,507		
	Total	1456,044	8			

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Fuente: IBM SPSS Statistics 25, 2021

Al analizar la tabla 7-4, se rechaza la hipótesis nula (H₀) porque los niveles de significancia para los parámetros de calidad analizados (%Me 0,000001; %Ge 2,6646E-10; %AAG 0,000012) menor que 0,05 y se acepta la hipótesis alternativa (H₁), por lo que se decide que la calidad de la pectina es mejor a pH3; es decir, si se desea obtener una pectina de alto índice de metoxilo y que gelifique con facilidad se la debe extraer a pH que se encuentren entre 2,7 a 3,3.

Con todos los análisis realizados a cada tratamiento se determina que el tratamiento T9 es el óptimo para realizar la extracción mediante hidrólisis ácida, utilizando fruta verde, con una solución extractora de pH3 con ácido cítrico.

4.2 Análisis por espectrofotometría infrarroja (IR)

Según (Toapanta y Villacres, 2018, p.84) se debe realizar un análisis IR, el cual ayudará a identificar los grupos funcionales presentes en cada muestra, que son característicos de las pectinas. Los IR que se presentan a continuación son de los tratamientos T7, T8 y T9.

A continuación, se presenta el análisis IR de la muestra de pectina correspondiente a T7, estado de madures verde, pH1 como agente extractor ácido cítrico.

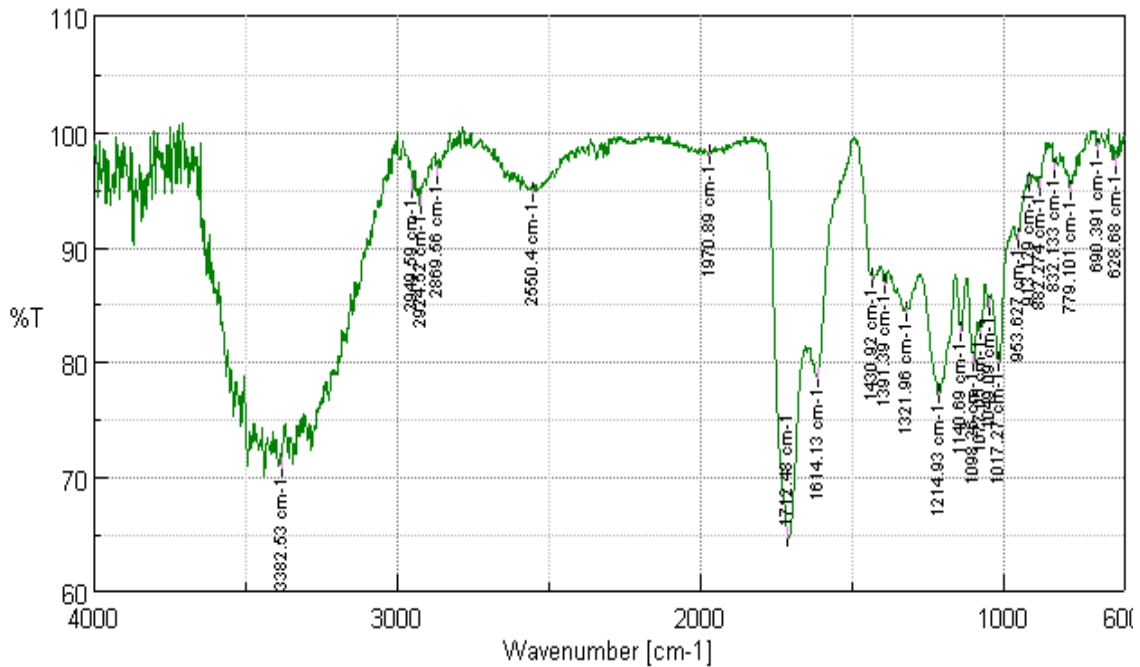


Figura 1-4: Análisis IR tratamiento T7

Fuente: Laboratorio Análisis Instrumental, ESPOCH. 2021

En la figura 1-4 se observan las siguientes frecuencias que identifican grupos funcionales de pectinas: $3382,53 \text{ cm}^{-1}$ se identifica el alcohol polimérico (R-OH); $2869,56 \text{ cm}^{-1}$ se identifica el radical metilo ($-\text{CH}_3$); 2949 cm^{-1} , $2924,52 \text{ cm}^{-1}$, $2869,56 \text{ cm}^{-1}$, $2550,4 \text{ cm}^{-1}$, $1712,48 \text{ cm}^{-1}$, $1391,39 \text{ cm}^{-1}$, $1321,96 \text{ cm}^{-1}$, $1214,93 \text{ cm}^{-1}$, $953,627 \text{ cm}^{-1}$, $913,129 \text{ cm}^{-1}$ y $882,274 \text{ cm}^{-1}$ se encuentran los ácidos carbonilo o carboxílicos (R-CO-OH); $1712,48 \text{ cm}^{-1}$ indica la presencia de un aldehído (R-CO-H); $1214,93 \text{ cm}^{-1}$ y $1430,92 \text{ cm}^{-1}$ se encuentra los ésteres ($\text{R}_1\text{-CO-O-R}_2$ y -CO-O-R); $1140,69 \text{ cm}^{-1}$, $1098,26 \text{ cm}^{-1}$, $1077,05 \text{ cm}^{-1}$ y $1049,09 \text{ cm}^{-1}$ indica la presencia de grupos anhídridos ($\text{R}_1\text{-CO-O-CO-R}_2$). Al momento de revisar la tabla 8-4 se verifica que la presencia de muchos grupos funcionales R-CO-OH e indican que es una muestra muy ácida es decir de pH1.

Tabla 8-4: Resultados análisis IR T7

% Transmitancia	Frecuencia (cm ⁻¹)	Wavenumber (cm ⁻¹)	Grupo funcional	Nombre		
70,6471	3400 - 3200	3382,53	R-OH	Alcohol polimérico		
96,1536	2880 - 2860	2869,56	-CH ₃	Radical metilo		
94,9363	3000 - 2200	2949,59	R-CO-OH	Ácido carbonilo		
93,5427		2924,52				
96,1536		2869,56				
94,6489		2550,4				
64,6155	1725 - 1700	1712,48				
86,6323	1420 - 1200	1391,39				
84,2904		1321,96				
77,0917		1214,93				
90,6156	960 - 875	953,627				
95,4687		913,129				
95,1098		882,274				
64,6155	1740-1645	1712,48			R-CO-H	Aldehído
77,0917	1220 - 1160	1214,93			R ₁ -CO-O-R ₂	Alquil éster
87,1957	1440 - 1435	1430,92			-CO-O-R	
82,5307	1310 - 1020	1140,69	R ₁ -CO-O-CO-R ₂	Anhídrido		
79,8620		1098,26				
82,6871		1077,05				
84,6895		1049,09				

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Fuente: Laboratorio Análisis Instrumental, ESPOCH. 2021

A continuación, se presenta el análisis IR de la muestra de pectina correspondiente a T8, estado de madurez verde, pH2 como agente extractor ácido cítrico.

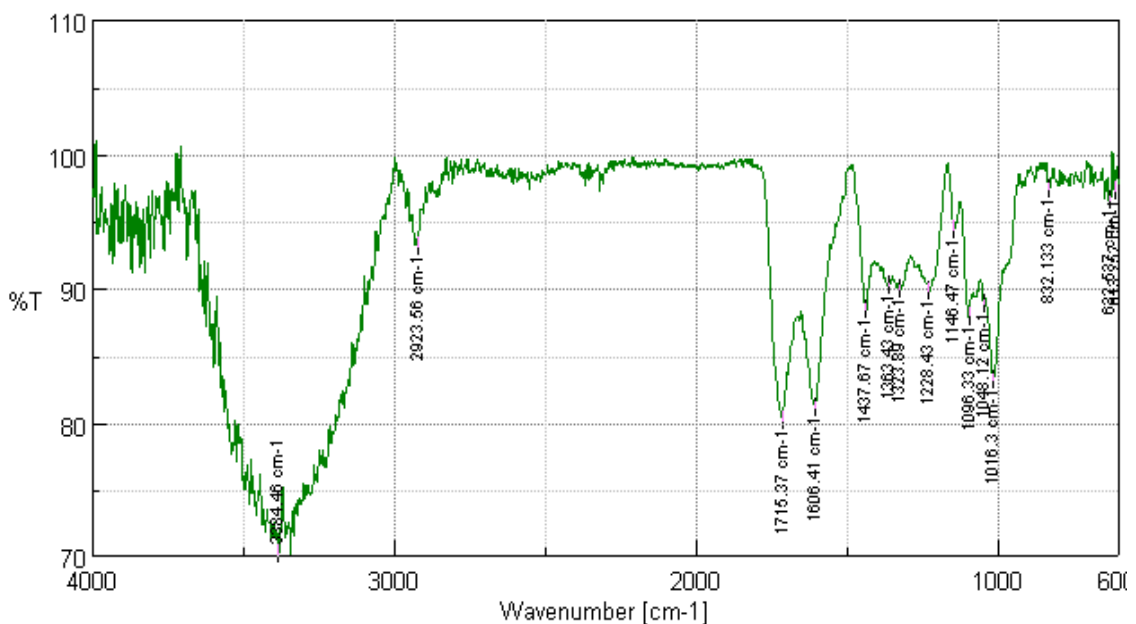


Figura 2-4: Análisis IR tratamiento T8

Fuente: Laboratorio Análisis Instrumental, ESPOCH. 2021

En la figura 2-4 se identifican las siguientes frecuencias que identifican grupos funcionales de pectinas: 3384,46 cm^{-1} se identifica el alcohol polimérico (R-OH); 1715,37 cm^{-1} , 1363,43 cm^{-1} , 1323,89 cm^{-1} y 1228,43 cm^{-1} se encuentran los ácidos carbonilo o carboxílicos (R-CO-OH); 1715,37 cm^{-1} indica la presencia de un aldehído (R-CO-H); 1437,67 cm^{-1} y 1363,43 cm^{-1} se encuentra los ésteres (-CO-O-R); 1228,43 cm^{-1} , 1146,47 cm^{-1} y 1096,33 cm^{-1} indica la presencia de grupos anhídridos. Al analizar la tabla 9-4 se comprueba que su pH es de 2, de acuerdo que se identifican varias frecuencias de grupos funcionales R-CO-OH.

Tabla 9-4: Resultados análisis IR T8

% Transmitancia	Frecuencia (cm^{-1})	Wavenumber (cm^{-1})	Grupo funcional	Nombre
70,1828	3400 - 3200	3384,46	R-OH	Alcohol polimérico
80,1647	1725 - 1700	1715,37	R-CO-OH	Ácidos carboxílicos
90,1837	1420 - 1200	1363,43		
89,9422		1323,89		
89,8131		1228,43		
80,1647	1740 - 1645	1715,37	R-CO-H	Aldehído
88,3779	1440 - 1435	1437,67	-CO-O-R	Alquil éster
90,1837		1363,43		
89,8131	1310 - 1020	1228,43	R ₁ -CO-O-CO-R ₂	Anhídrido
94,3572		1146,47		
87,7886		1096,33		
88,8524		1048,12		

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Fuente: Laboratorio Análisis Instrumental, ESPOCH. 2021

A continuación, se presenta el análisis IR de la muestra de pectina correspondiente a T9, estado de madurez verde, pH3 como agente extractor ácido cítrico.

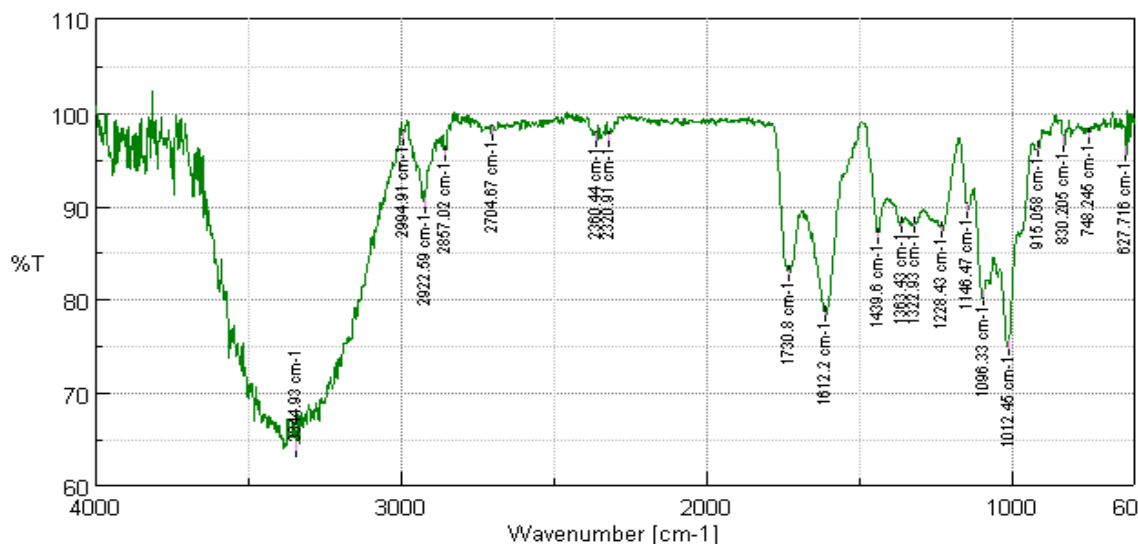


Figura 3-4: Análisis IR tratamiento T9

Fuente: Laboratorio Análisis Instrumental, ESPOCH. 2021

En la figura 3-4 se identifican las siguientes frecuencias que identifican grupos funcionales de pectinas: 3344,93 cm^{-1} se identifica el alcohol polimérico (R-OH); 1228,43 cm^{-1} y 1439,60 cm^{-1} se encuentran los ácidos carbonilo o carboxílicos (R-CO-OH); 1730,80 cm^{-1} , 2857,02 cm^{-1} y 2704,67 cm^{-1} indica la presencia de un aldehído (R-CO-H); 1730,80 cm^{-1} y 1439,60 cm^{-1} se encuentra los ésteres (-CO-O-R); 1228,43 cm^{-1} , 1146,47 cm^{-1} y 1096,33 cm^{-1} indica la presencia de grupos anhídridos. Al analizar la tabla 10-4 se comprueba que su pH es de 3, de acuerdo que se identifican pocas frecuencias de grupos funcionales R-CO-OH.

Tabla 10-4: Resultados análisis IR T9

% Transmitancia	Frecuencia (cm^{-1})	Wavenumber (cm^{-1})	Grupo funcional	Nombre
63,8045	3400 - 3200	3344,93	R-OH	Alcohol polimérico
87,3299	1420 - 1200	1228,43	R-CO-OH	Ácido carbonilo
86,6483		1439,60		
82,7228	1740 - 1645	1730,80	R-CO-H	Aldehído
95,4760	2900 - 2800	2857,02		
97,6769	2775 - 2695	2704,67		
82,7228	1750 - 1715	1730,80	R ₁ -CO-O-R ₂	Alquil éster
86,6483	1440 - 1435	1439,60	-CO-O-R	
87,3299	1310 - 1020	1228,43	R ₁ -CO-O-CO-R ₂	Anhídrido
89,4672		1146,47		
80,0633		1096,33		

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Fuente: Laboratorio Análisis Instrumental, ESPOCH. 2021

4.3 Análisis inferencial

De acuerdo con el análisis realizado se comprueba que la optimización del proceso de obtención de la pectina presente en la pomarrosa (*Syzygium maleccense L.*) mediante hidrólisis ácida determina los valores óptimos de cada variable de operación para el tratamiento T9 que son las siguientes: estado de madurez verde, tipo de ácido: cítrico, pH de la solución ácida: 3, tiempo de extracción: 249,67±1,53 min, temperatura de extracción: 85 °C, temperatura de concentración: 60°C, temperatura de secado: 60 °C, velocidad de agitación: 300 rpm, número de malla del tamiz: 80 (U.S. STD. Sieve).

Para mejorar el método de extracción de pectina por hidrólisis ácida es muy importante identificar las variables de proceso como lo es temperatura de secado, tiempo de extracción, temperatura de extracción, temperatura de concentración y velocidad de agitación, si se controlan de forma adecuada estas variables se optimizará los costos de producción que conllevan a la obtención de pectina.

Mediante la presente investigación se determinó que el rendimiento de obtención de pectina aumenta utilizando ácido cítrico como agente extractor en la hidrólisis ácida.

Se comprobó que es muy importante realizar la caracterización de la pectina como loes la humedad, la ceniza, el peso equivalente, la acidez libre, el porcentaje de metoxilo, el grado de esterificación y el ácido anhidrido galacturónico los cuales determinarán si es una pectina de gran calidad de acuerdo a lo establecido por la FAO.

4.4 Diagrama de proceso para la obtención de pectina por hidrólisis ácida

Una vez seleccionado el tratamiento óptimo para la obtención de pectina, se decide establecer el diagrama de proceso en el cual se detalla paso a paso las etapas que se debe seguir para su extracción haciendo uso de la hidrólisis ácida, en la figura 4-4 donde se observa las operaciones y procesos unitarios que participan en las dos etapas, las cuales son las siguientes:

I. Pretratamiento de la materia prima

- a) Recepción de la pomarrosa
- b) Selección de la pomarrosa
- c) Lavado de la fruta
- d) Troceado de la fruta
- e) Escaldado
- f) Pulpeado
- g) Filtración 1
- h) Lavado de la pulpa
- i) Filtración 2
- j) Secado 1

II. Obtención de pectina por hidrólisis ácida

- k) Solubilización ácida
- l) Filtración 3
- m) Evaporación (concentración 1/4)
- n) Precipitación de la pectina
- o) Filtración y lavado
- p) Secado 2
- q) Molienda y tamizado
- r) Almacenamiento

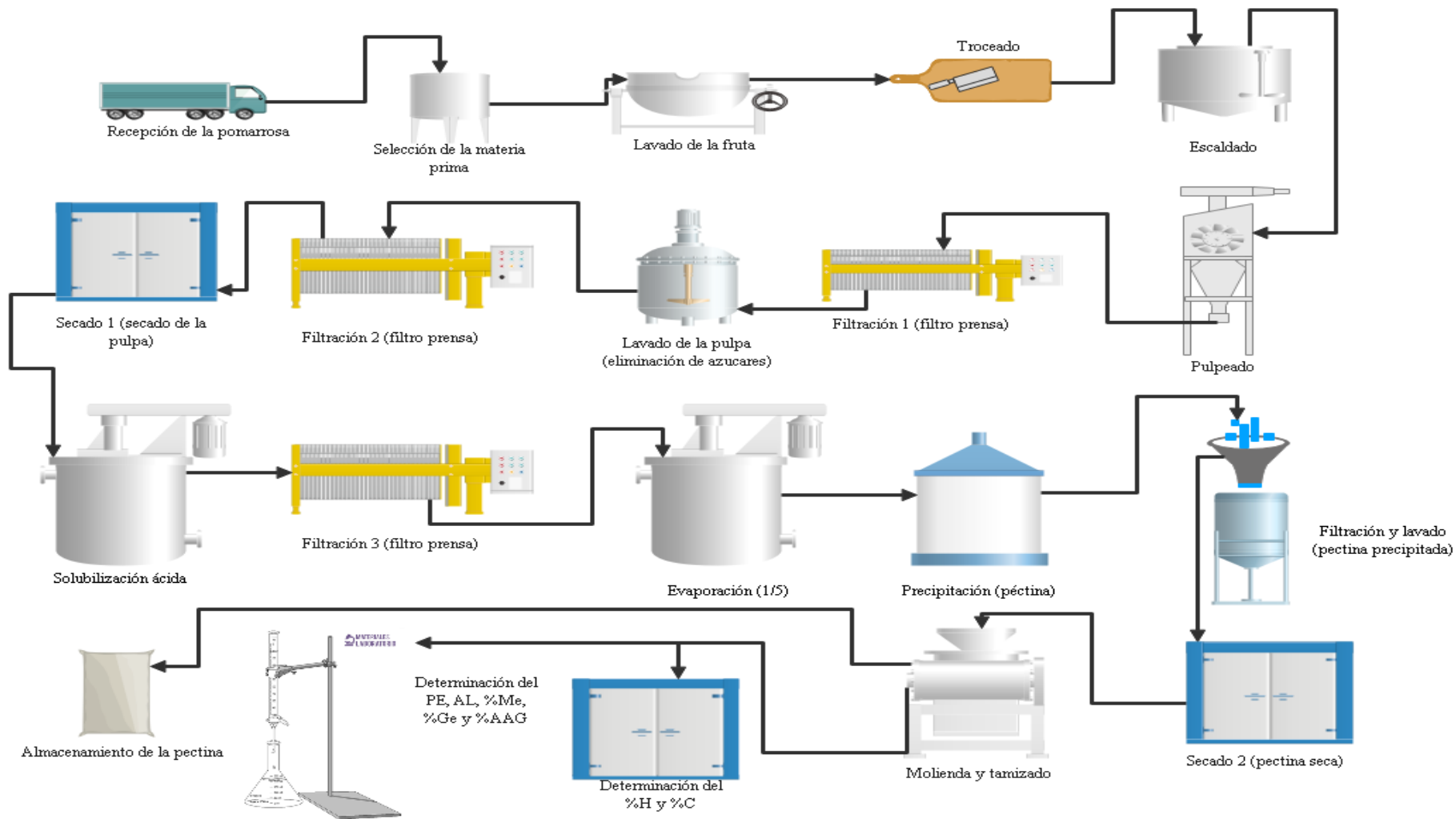


Figura 4-4: Diagrama del proceso de extracción de pectina

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Fuente: Wondershare Edrawmax

4.5 Balance de masa detallado de cada etapa del proceso de obtención de pectina por hidrólisis ácida convencional

Mediante el análisis estadístico realizado con SPSS, se realizó la optimización del proceso de obtención de pectina a partir de la pomarrosa haciendo uso de hidrólisis ácida como método de extracción.

Es necesario conocer las condiciones óptimas de trabajo, las cuales ayudarán a entender cuáles son las variables de proceso necesarias para obtener una pectina de gran calidad; a continuación, se da a conocer los resultados del ANOVA para la presente investigación:

Tratamiento: T9

Estado de madurez: verde

Tipo de ácido: cítrico

pH de la solución ácida: 3

Tiempo de extracción: 249,7 min

- **Solubilización ácida:** 80 min
- **Concentración:** 169,67 min

Temperatura de extracción: 85 °C

Temperatura de concentración: 60°C

Temperatura de secado: 60 °C

Revoluciones de agitación: 300 rpm

Número de malla del tamiz: 80 (U.S. STD. Sieve)

- **Abertura:** 177 um

Para entender de mejor manera el proceso de extracción; a continuación, se representa gráficamente cada una de las etapas del presente trabajo de investigación.

4.5.1 Representación gráfica del pretratamiento de la materia prima (ETAPA 1)

4.5.1.1 Recepción y selección de la materia prima

RECEPCIÓN Y SELECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

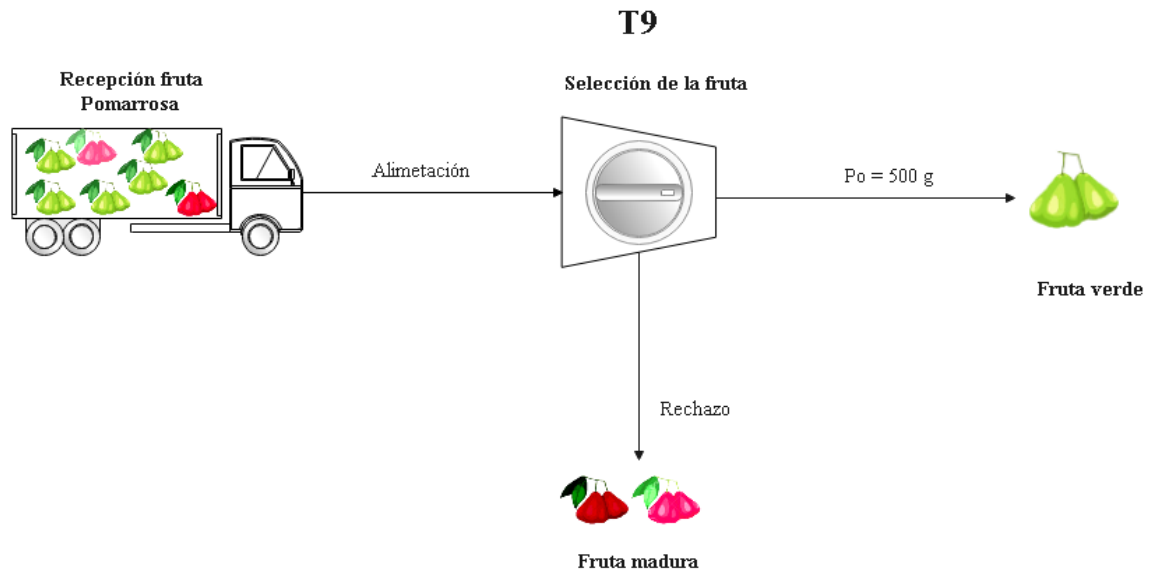


Figura 5-4: Diagrama de proceso de recepción y selección de la materia prima

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Fuente: Wondershare Edrawmax

4.5.1.2 Lavado de la fruta

LAVADO DE LA FRUTA

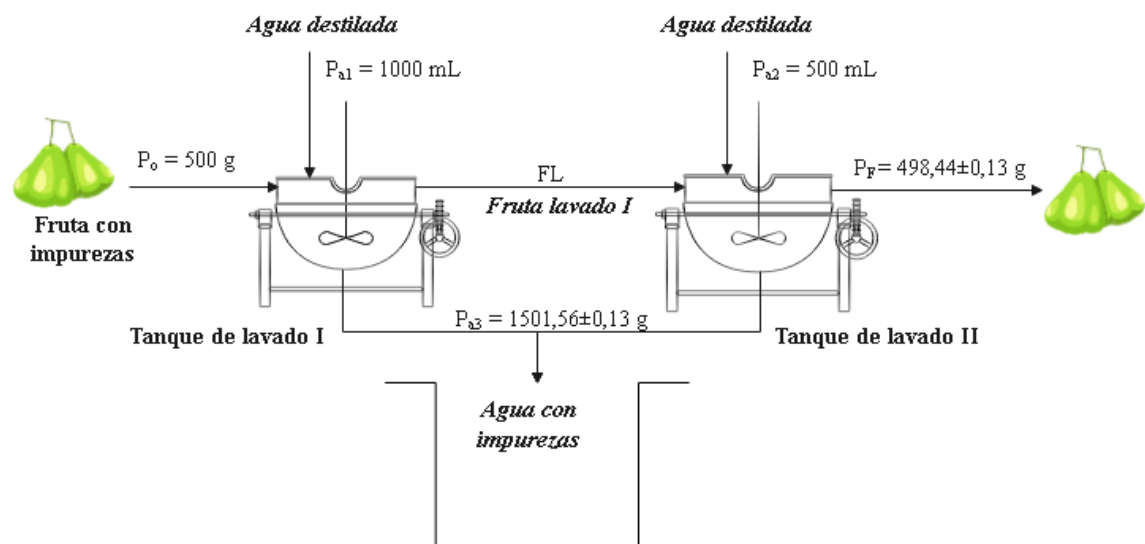


Figura 6-4: Diagrama de proceso del lavado de la fruta

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Fuente: Wondershare Edrawmax

4.5.1.3 Troceado de la fruta

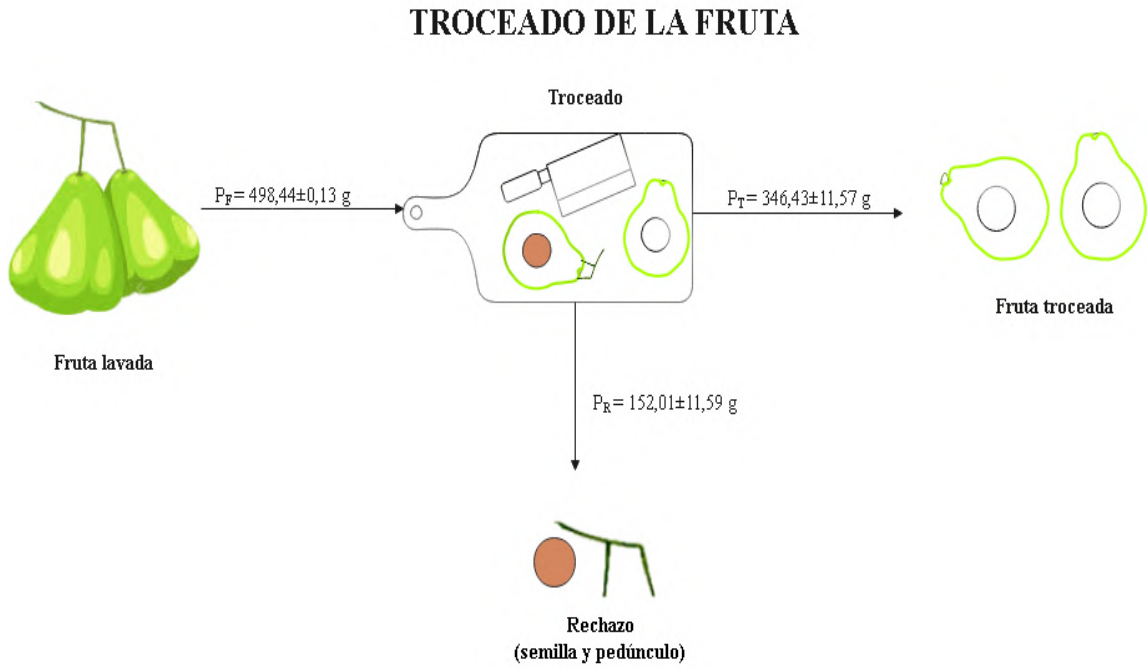


Figura 7-4: Diagrama de proceso del troceado de la fruta

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Fuente: Wondershare Edrawmax

4.5.1.4 Escaldado

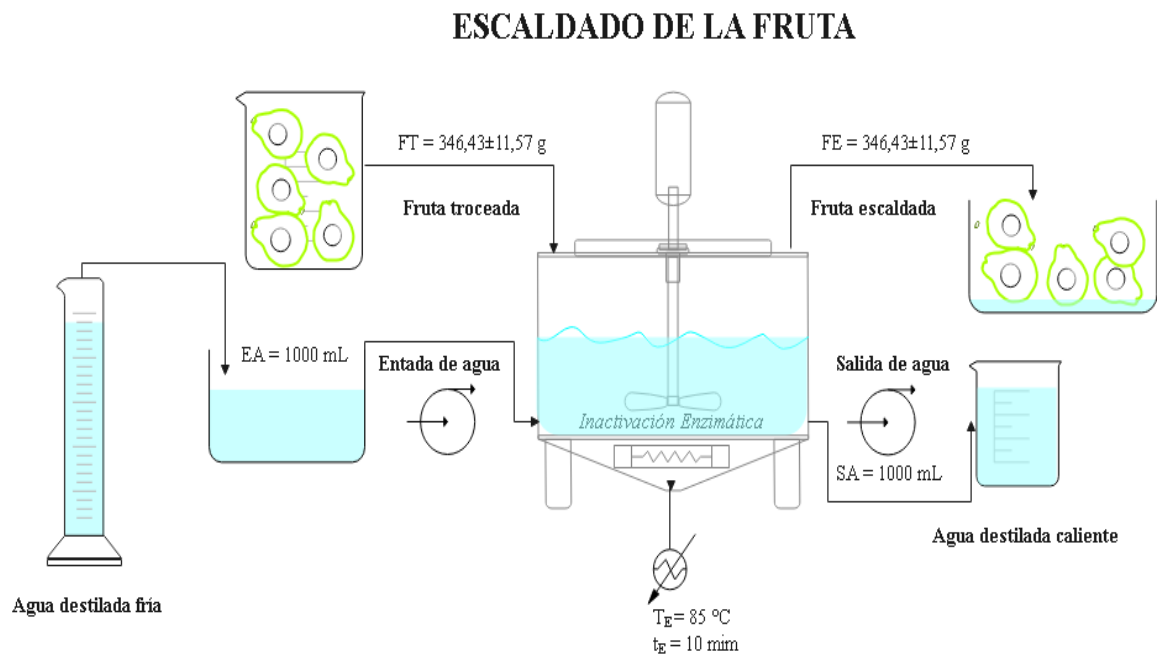


Figura 8-4: Diagrama de proceso del escaldado de la fruta

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Fuente: Wondershare Edrawmax

4.5.1.5 Pulpeado

PULPEADO DE LA FRUTA

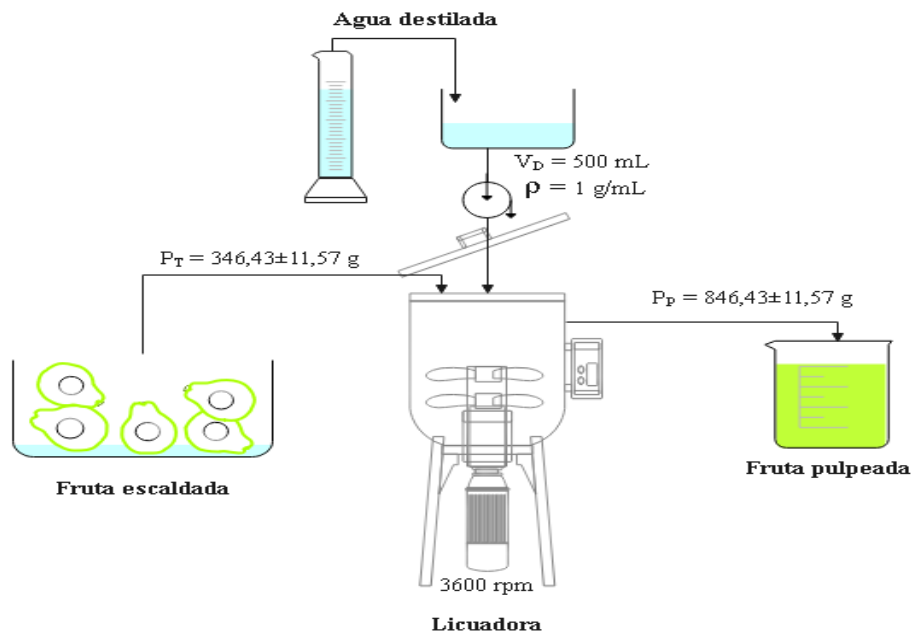


Figura 9-4: Diagrama de proceso del pulpeado de la fruta
Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021
Fuente: Wondershare Edrawmax

4.5.1.6 Filtración, lavado y secado

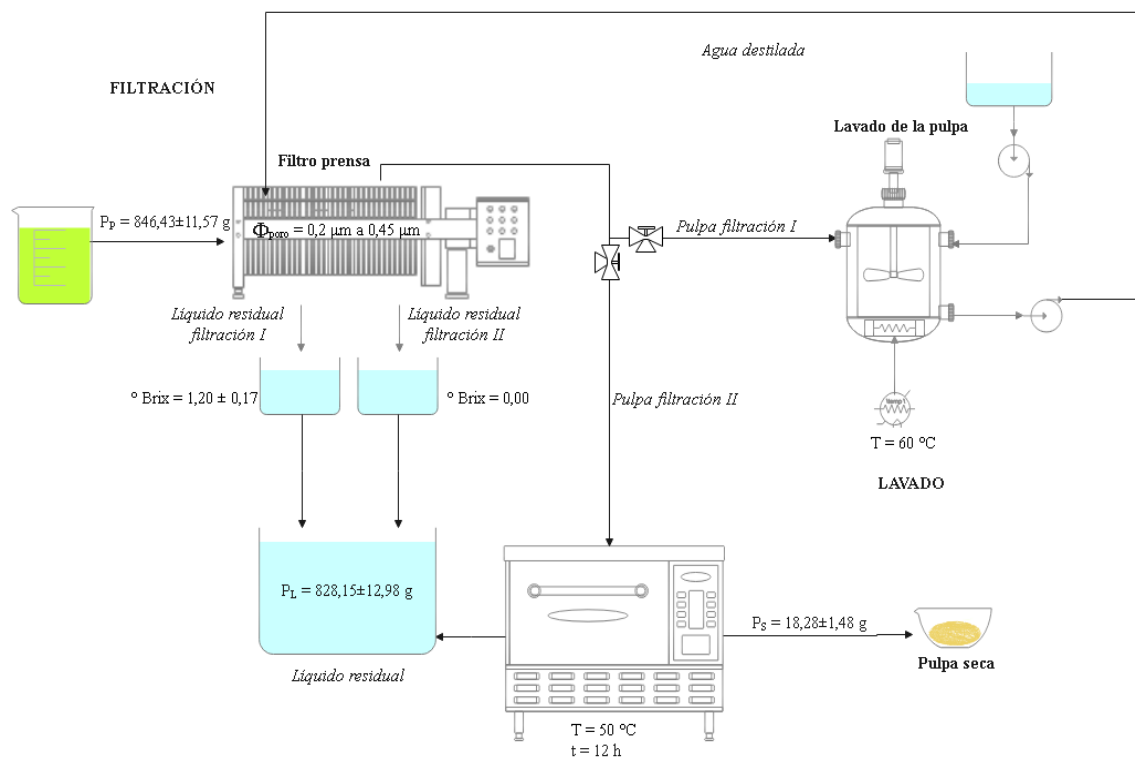


Figura 10-4: Diagrama de proceso de obtención de pulpa seca
Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021
Fuente: Wondershare Edrawmax

4.5.2 Representación gráfica de pectina por hidrólisis ácida (ETAPA 2)

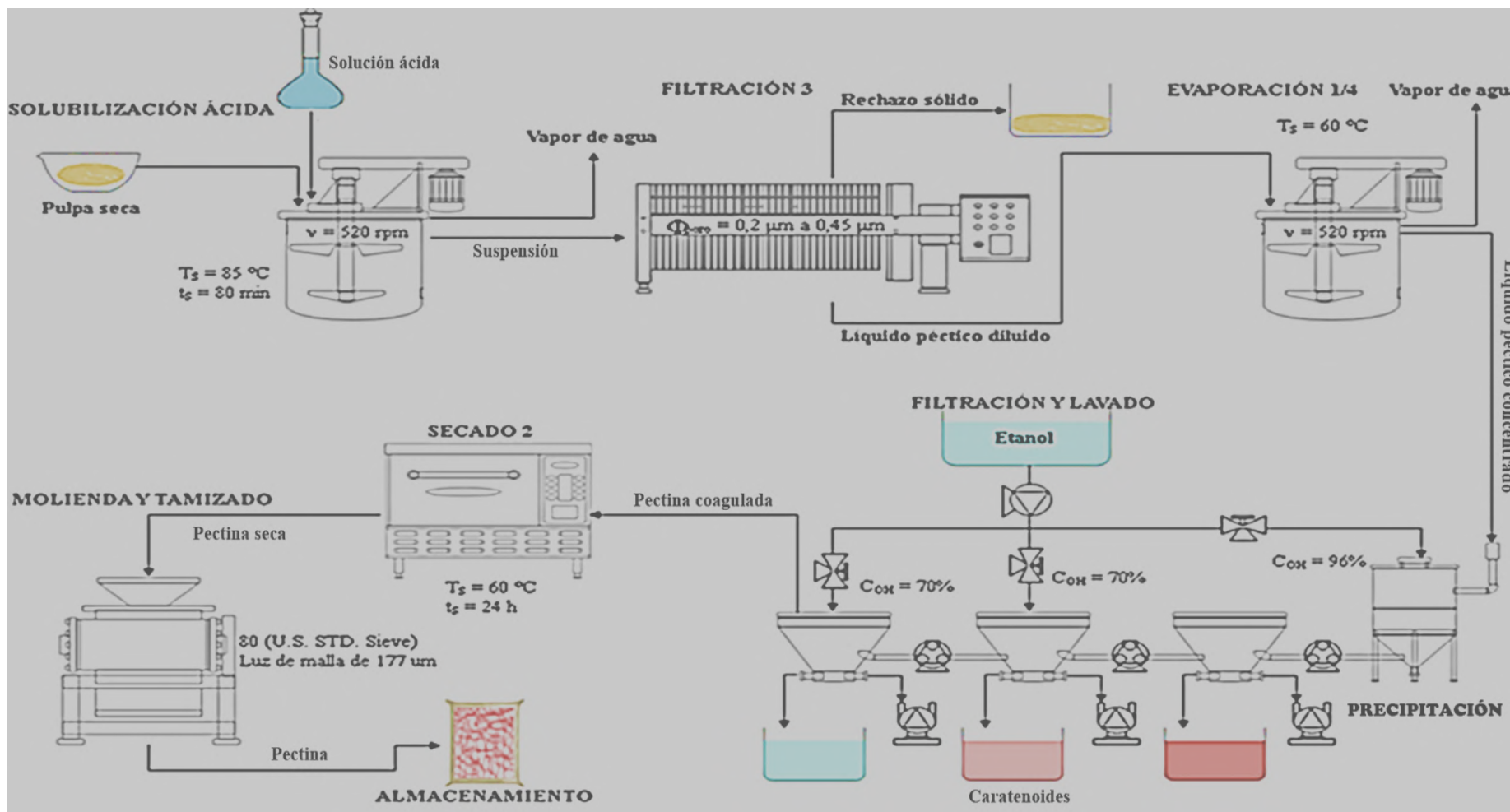


Figura 11-4: Diagrama del proceso de extracción de pectina por hidrólisis ácida

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Fuente: Wondershare Edrawmax

4.5.3 Representación gráfica de la caracterización de la pectina (ETAPA 3)

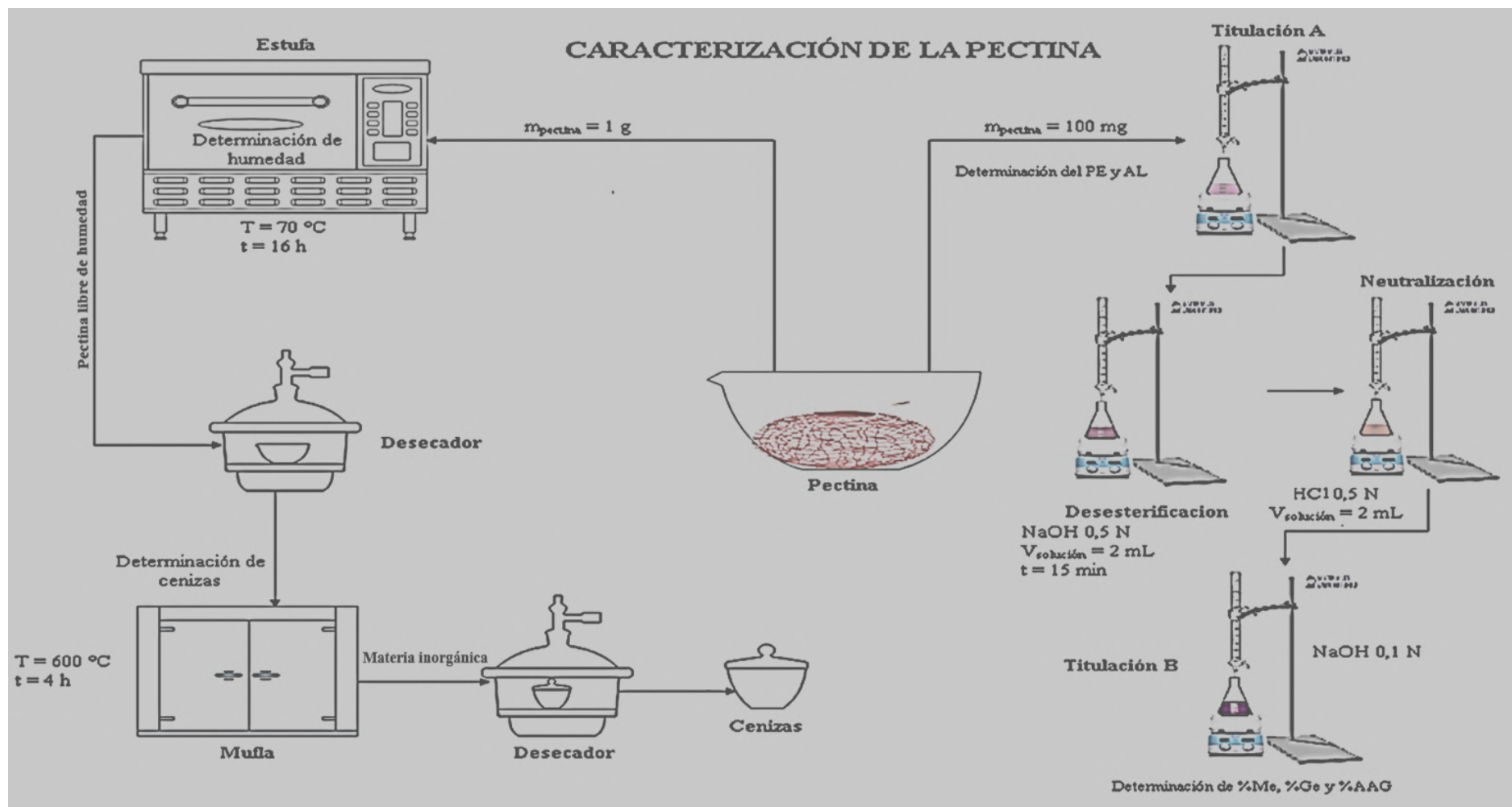


Figura 12-4: Diagrama de proceso de la caracterización de la pectina por análisis químico proximal

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Fuente: Wondershare Edrawmax

CONCLUSIONES

Se optimizó el proceso de obtención de la pectina presente en *Syzygium malaccense L.* (pomarrosa) haciendo uso de la hidrólisis ácida a nivel experimental, donde se determinó mediante un ANOVA en SPSS que el tratamiento que presentaba las mejores propiedades de calidad en el análisis de caracterización es T9 el cual se lo realizó a partir de fruta verde, con ácido cítrico como agente extractor a pH 3, con un tiempo de solubilización ácida de 80 min a una temperatura de 85 °C y un tiempo de concentración de 169,7 min a 60 °C.

Las variables de proceso que intervienen en la obtención de pectina a partir de *Syzygium malaccense L.* (pomarrosa) son la temperatura, tiempo de solubilización, tiempo de evaporación, tipo de ácido a utilizar, pH de la solución ácida y estado de madurez de la fruta las cuales que son muy importantes en la extracción de material péctico mediante hidrólisis ácida.

Para conocer el rendimiento de cada tratamiento se lo determinó mediante la relación de la pectina obtenida y la materia prima seca ingresada en la hidrólisis ácida, calculándose el porcentaje de pectina que presentaba cada muestra, con lo cual se estableció que a partir de la fruta verde se obtiene mayor cantidad de pectina.

Al realizar la caracterización de la pectina extraída en cada tratamiento, mediante la aplicación del análisis químico proximal se determinó que a medida que el pH de la solución extractora era menos ácida la acidez libre disminuía, el porcentaje de metoxilo y el grado de esterificación aumentaban, para lo cual se identificó que a pH 3 se obtenía pectina de mejor calidad con un alto índice de metoxilo y con gran facilidad de gelificación.

RECOMENDACIONES

Es muy importante continuar con la investigación a partir de la (*Syzygium malaccense L.*) pomarrosa porque al realizar la extracción se obtuvo un colorante de color rojo intenso el cual generó inquietudes si este presenta propiedades antioxidantes.

Además, se debería realizar a futuro el diseño del proceso de la extracción de pectina mediante hidrólisis ácida con finalidad de mejorar las propiedades de muchos productos que se elaboran haciendo uso de agente gelificantes de alto grado de esterificación.

Al momento de realizar la concentración se aconseja que se lo realice en un agitador magnético y no en una estufa por lo que está al momento de que el líquido péctico no presente agitación puede perder sus propiedades gelificantes.

Cuando se realice la selección de la materia prima hay que observar que no ingrese fruta en mal estado al pretratamiento, lo cual puede generar que no se tenga el resultado esperando.

De acuerdo a la presente investigación se recomienda que la obtención de pectina a partir de (*Syzygium malaccense L.*) pomarrosa mediante hidrólisis ácida, se lo realice con fruta verde por la que está posee menor cantidad de agua y por ende mejor rendimiento, lo cual va a ayudar optimizar los insumos en cada etapa del proceso de extracción.

BIBLIOGRAFÍA

- Accuweather. (2020). Previsión meteorológica en el cantón Shushufindi. Recuperado de:
<https://www.accuweather.com/es/ec/shushufindi/130800/weather-forecast/130800>
- Balán, M., Ocaña, A., & Vela, G. (2017). Aprovechamiento del fruto de la pomarrosa para su uso gastronómico (Tesis de pregrado). Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, Chiapas-México.
- Basanta, A., & Sankat, C. (1994). Postharvest storage of the pomegranate (*Syzygium malaccense*) under refrigeration. Proceedings of the 30th Annual Meeting. Caribbean Food Crop Society, St. Thomas, USVI, 30, 365–368.
- Carbotecnia. (2020). Granulometría. Recuperado de:
<https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/filtracion-de-agua-liquidos/granulometria-o-numero-de-malla/>
- Chaparro, S., Márquez, R., Sánchez, J., Vargas, M., & Gil, J. (2015). Extracción de pectina del fruto del higo (*Opuntia ficus indica*) y su aplicación en un dulce de piña. *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 2(18), 435-443.
- Cuesta, M., & Muñoz, R. (2010). Extracción de pectina a partir de la corteza de maracuyá (*Passiflora edulis var. flavicarpa degener*). *Revista Politécnica*, 1(31), 91–96.
- Farias, D., Neri, I., Fernandes De Araújo, F., & Pastore, G. (2020). A critical review of some fruit trees from the Myrtaceae family as promising sources for food applications with functional claims. *Food Chemistry*, (306), 1-17.
- Fernandes, F., & Rodrigues, S. (2012). *Exotic Fruits Reference Guide*. Boca Ratón-United States of America: CRC Press Taylor y Francis Inc.
- Filian, A., & Velásquez, J. (2017). Desarrollo de una compota a base de pomarrosa (*Syzygium malaccense L.*), fortificada con harina de amaranto (*Amaranthus caudatus L.*) (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Carrera de Ingeniería Agroindustrial. Guayaquil-Ecuador.

- García, G., & Vázquez, L (2015). Guía de prácticas correctas de higiene para vegetales y derivados, frescos, mondados, troceados o envasados. 1ª. ed. Catalunya-España: Agencia de Salud Pública de Cataluña.
- Maldonado, Y., Salazar, S., Millones, C., Torres, E., & Vázquez, E. (2010). Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de maushan (*Vasconcellea weberbaueri* (Harms) V.M. Badillo) provenientes del distrito de San Miguel de Soloco, región Amazonas. *Rev. Aporte Santiaguino*, 3(2), 177-184.
- Mendoza, L., Jiménez, J., & Ramírez, M. (2017). Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto de cacao (*Theobroma Cacao L.*). *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 1(20), 131-138.
- Ochoa, M., Aispuro, E., Vargas, I., & Martínez, M. (2012). Plant Cell Wall Polymers: Function, Structure and Biological Activity of Their Derivatives. InTech Open.
- Ocon, J., & Tojo, G. (1966). Problemas de Ingeniería Química, Operaciones Básicas Tomo I. 2ª. ed. Madrid-España: Aguilar.
- Ocon, J., & Tojo, G. (1970). Problemas de Ingeniería Química, Operaciones Básicas Tomo II. 1ª ed. Cádiz-España: Aguilar.
- Paredes, P., Hernández, R., & Cañizares, A. (2015). Efecto del grado de madurez sobre las propiedades fisicoquímicas de pectinas extraídas de cascos de guayaba (*Psidium guajava L.*). *IDESIA*, 33(3), 35-41.
- Pazmiño, J., & Zea, O. (2017). Estudio de la Pomarroja malaya (*Syzygium Malaccense*) y su aplicación en la Pastelería (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, Carrera Licenciatura en Gastronomía, Guayaquil-Ecuador.
- PÉREZ, I.P. (2012). Matemática 100 Estadística. Recuperado de: <https://www.coursehero.com/file/p31s7rk/A-Determinaci%C3%B3n-de-humedad-M%C3%A9todo-de-la-AOAC-92510-basada-en-la-p%C3%A9rdida-de-peso/>
- Quispe, C., & Vera, C. (2017). Obtención de pectina de alto y bajo metoxilo de la cáscara de arveja (*pisum sativum*), por el método de hidrólisis ácida (Tesis de pregrado).

Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Química, Puno-Perú.

Ramírez, C., & Zambrano, M. (2019). Obtención de pectina a partir de cáscaras de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y zanahoria amarilla (*daucus carota*) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Riobamba-Ecuador.

Sabater, C., Corzo, N., Olano, A., & Montilla, A. (2018). Enzymatic extraction of pectin from artichoke (*Cynara scolymus*) by-products using Celluclast®1.5L. *Carbohydrate Polymers*, 18(8617), 1-34.

Sun, D., Chen, X., & Zhu C. (2020). Physicochemical properties and antioxidant activity of pectin from hawthorn wine pomace: A comparison of different extraction methods. *International Journal of Biological Macromolecules*, (158), 1239–1247.

Toapanta, E., & Villacrés, M. (2018). Diseño de un proceso para la obtención de pectina en medio ácido a partir de la cáscara de papa (*Solanum Tuberosum*) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química. Riobamba-Ecuador.

Zegada, V. (2015). Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO). *Investigación & Desarrollo*, 1(15), 65-76.

ANEXOS

Anexo A: Organismos Reguladores de Pureza de Pectina.

No	ESPECIFICACION INTERNACIONAL	UE E440(I) pectina	UE E440(II) pectina amidada	FAO/WHO JECFA Pectina	FDA/FCC Pectina	USP Pectina
1	Pérdida de secado	max 12%	max 12%	max 12%	max 12%	max 12%
2	Ceniza insoluble en ácido (3 N HCl)	max 1%	max 1%	max 2,5%	max 1%	-
3	Insolubles totales	-	-	max 3%	max 3%	-
4	Metilsulfato de sodio	-	-	-	max 0,1%	-
5	Alcohol metil, etil, o isopropílico libre (en bs)	max 1%	max 1%	max 1%	max 1%	-
6	Alcohol metílico	-	-	-	-	max 0,3%
	Alcohol etílico	-	-	-	-	max 0,5%
	Alcohol isopropílico	-	-	-	-	max 0,5%
7	Dióxido de azufre (en bs)	max 50 ppm	max 50 ppm	max 50 ppm	max 50 ppm	-
8	Contenido de nitrógeno (pectina) (en bs y libre de ceniza)	max 1%	-	max 2,5%	-	-
9	Contenido de nitrógeno (pectina amidada) (en bs y libre de ceniza)	-	max 2,5%	max 2,5%	-	-
10	Acido galacturónico (en bs y libre de ceniza)	min 65%	min 65%	min 65%	-	min 65%
11	Contenido de metoxilo (en bs pectina no estandarizada)	-	-	-	-	min 6,7%
12	Grado de amidación	-	max 25%	max 25%	max 25%	-
13	Azúcar y ácidos orgánicos	-	-	-	-	max 160 mg/g
14	Arsénico	max 3 ppm	max 3 ppm	-	-	max 3 ppm
15	Plomo	max 5 ppm	max 5 ppm	max 5 ppm	max 5 ppm	max 5 ppm
16	Cadmio	max 1 ppm	max 1 ppm	-	-	-
17	Mercurio	max 1 ppm	max 1 ppm	-	-	-
18	Metales pesados (como plomo)	max 20 ppm	max 20 ppm	-	-	-
19	Gérmenes patógenos	Acorde a regulaciones generales alimenticias			Ausencia de especies de salmonella	

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Fuente: Toapanta y Villacres, 2018

Anexo B: Cronograma de actividades.

ACTIVIDADES	1 ^{er} Mes				2 ^{do} Mes				3 ^{er} Mes				4 ^{to} Mes				5 ^{to} Mes				6 ^{to} Mes							
	Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recopilación de información bibliográfica.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Revisión bibliográfica.	■	■	■	■																								
Investigación del método y procedimientos para la extracción de pectina en frutas.					■																							
Formulación y elaboración del marco teórico.						■																						
Identificar los parámetros necesarios para la extracción de pectina.							■																					
Realizar los estudios y cálculos necesarios.								■	■																			
Realizar la parte experimental para obtener pectina a partir de la Pomarrosa mediante el método descrito.									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Realizar el análisis estadístico utilizando el programa de procesamiento de datos y análisis estadísticos utilizando SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).																									■			
Análisis del rendimiento de la pectina en cada tratamiento.																										■		
Resultados, conclusiones y recomendaciones del proceso de extracción de pectina a partir de la Pomarrosa.																											■	■

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

Anexo C: Presupuesto.

C1.- Cronograma de Actividades del presupuesto

Detalle	V. Total (\$)
Recursos Humanos	1200,00
Recursos Materiales	500,00
Sub-total	1700,00
Imprevisto (10%)	170,00
TOTAL	1870,00

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

C2.- Económicos

Concepto	Monto (\$)
Recurso material	1870,00
Imprevistos (8%)	149,60
TOTAL (\$)	2019,60

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2020

Anexo D: Datos experimentales obtenidos en el pretratamiento.

Tratamiento	Estado de Madurez	Repeticiones	DATOS EXPERIMENTALES					
			P _F (g)	P _R (g)	P _T (g)	P _P (g)	°Brix	P _{PS} (g)
T1	Maduro	1	498,89	82,57	416,32	916,32	3,30	9,52
		2	498,78	84,11	414,67	914,67	3,10	9,44
		3	498,89	89,14	409,75	909,75	3,10	9,12
T2	Maduro	1	498,52	96,15	402,37	902,37	3,00	9,10
		2	498,00	90,40	407,60	907,60	3,30	9,15
		3	498,19	99,10	399,09	899,09	3,20	9,02
T3	Maduro	1	498,76	93,16	405,60	905,60	2,80	9,20
		2	498,69	98,58	400,11	900,11	3,00	9,07
		3	498,65	93,42	405,23	905,23	2,60	9,13
T4	Maduro	1	498,71	99,51	399,20	899,20	3,20	9,01
		2	498,57	93,98	404,59	904,59	2,80	9,18
		3	498,49	95,14	403,35	903,35	3,00	9,05
T5	Maduro	1	498,22	90,74	407,48	907,48	3,00	9,16
		2	498,10	93,66	404,44	904,44	2,50	9,14
		3	498,01	98,39	399,62	899,62	3,10	9,04
T6	Maduro	1	498,70	94,87	403,83	903,83	2,80	9,09
		2	498,31	96,71	401,60	901,60	3,20	9,06
		3	498,78	91,15	407,63	907,63	2,90	9,15
T7	Verde	1	498,70	164,80	333,90	833,90	1,00	19,04
		2	498,77	144,54	354,23	854,23	1,20	20,92
		3	498,11	143,54	354,57	854,57	1,20	17,98
T8	Verde	1	498,11	158,55	339,56	839,56	1,00	18,45
		2	498,30	164,50	333,80	833,80	1,00	20,11
		3	498,81	166,40	332,41	832,41	1,00	20,37
T9	Verde	1	498,58	164,89	333,69	833,69	1,00	19,94
		2	498,35	149,06	349,29	849,29	1,30	17,51
		3	498,38	142,08	356,30	856,30	1,30	17,39
T10	Verde	1	498,55	155,30	343,25	843,25	1,30	17,65
		2	498,93	156,00	342,93	842,93	1,10	19,14
		3	498,80	166,74	332,06	832,06	1,20	18,03
T11	Verde	1	498,81	162,70	336,11	836,11	1,20	19,90
		2	498,52	169,29	329,23	829,23	1,00	20,46
		3	498,55	151,64	346,91	846,91	1,20	18,83
T12	Verde	1	498,00	167,61	330,39	830,39	1,20	19,49
		2	498,32	149,00	349,32	849,32	1,20	19,52
		3	498,64	144,27	354,37	854,37	1,10	17,91

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Anexo E: Datos experimentales obtenidos en la hidrólisis ácida.

Tratamiento	Estado de Madurez [A]	Tipo de Ácido [B]	pH [C]	Repeticiones [D]	DATOS EXPERIMENTALES		
					Tiempo de concentración (min)	Pp (g)	Pc (g)
T1	Maduro	Ácido Cítrico	pH1	1	180,00	2,35	6,65
			pH1	2	182,00	2,39	6,61
			pH1	3	184,00	2,41	6,59
T2	Maduro	Ácido Cítrico	pH2	1	173,00	2,16	6,84
			pH2	2	177,00	2,14	6,86
			pH2	3	174,00	2,13	6,87
T3	Maduro	Ácido Cítrico	pH3	1	165,00	1,12	7,88
			pH3	2	166,00	1,18	7,82
			pH3	3	165,00	1,13	7,87
T4	Maduro	Ácido Tartárico	pH1	1	183,00	2,30	6,70
			pH1	2	181,00	2,28	6,72
			pH1	3	180,00	2,31	6,69
T5	Maduro	Ácido Tartárico	pH2	1	178,00	1,79	7,21
			pH2	2	177,00	1,87	7,13
			pH2	3	178,00	1,91	7,09
T6	Maduro	Ácido Tartárico	pH3	1	171,00	1,01	7,99
			pH3	2	170,00	1,05	7,95
			pH3	3	168,00	1,04	7,96
T7	Verde	Ácido Cítrico	pH1	1	195,00	3,36	5,64
			pH1	2	200,00	3,41	5,59
			pH1	3	199,00	3,37	5,63
T8	Verde	Ácido Cítrico	pH2	1	186,00	2,70	6,30
			pH2	2	184,00	2,83	6,17
			pH2	3	180,00	2,85	6,15
T9	Verde	Ácido Cítrico	pH3	1	170,00	1,85	7,15
			pH3	2	168,00	1,81	7,19
			pH3	3	171,00	1,91	7,09
T10	Verde	Ácido Tartárico	pH1	1	199,00	3,20	5,80
			pH1	2	201,00	3,33	5,67
			pH1	3	197,00	3,11	5,89
T11	Verde	Ácido Tartárico	pH2	1	195,00	2,53	6,47
			pH2	2	190,00	2,45	6,55
			pH2	3	189,00	2,49	6,51
T12	Verde	Ácido Tartárico	pH3	1	183,00	1,53	7,47
			pH3	2	180,00	1,46	7,54
			pH3	3	175,00	1,47	7,53

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Anexo F: Datos experimentales obtenidos en la caracterización de la pectina.

Tratamiento	Estado de Madurez [A]	Tipo de Ácido [B]	pH [C]	Repeticiones [D]	DATOS EXPERIMENTALES									
					Humedad			Ceniza			PE, AL, %Me, %Ge y %AAG			
											Titulación A		Titulación B	
					m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	p ₁ (g)	p ₂ (g)	p ₃ (g)	Volumen NaOH (mL)	meq A NaOH	Volumen NaOH (mL)	meq B NaOH
T1	Maduro	Ácido Cítrico	pH1	1	51,0887	52,0887	51,9617	24,9366	25,9366	24,9463	3,50	0,350	1,80	0,180
			pH1	2	51,0887	52,0887	51,9710	24,9366	25,9366	24,9457	3,70	0,370	1,90	0,190
			pH1	3	51,0887	52,0887	51,9724	24,9366	25,9366	24,9461	3,50	0,350	1,80	0,180
T2	Maduro	Ácido Cítrico	pH2	1	46,5206	47,5206	47,4010	24,5959	25,5959	24,6185	1,20	0,120	2,80	0,280
			pH2	2	46,5206	47,5206	47,4117	24,5959	25,5959	24,6188	1,20	0,120	2,70	0,270
			pH2	3	46,5206	47,5206	47,4014	24,5959	25,5959	24,6189	1,15	0,115	2,75	0,275
T3	Maduro	Ácido Cítrico	pH3	1	55,8865	56,8865	56,7643	24,7728	25,7728	24,7976	0,55	0,055	2,60	0,260
			pH3	2	55,8865	56,8865	56,7656	24,7728	25,7728	24,7979	0,60	0,060	2,40	0,240
			pH3	3	55,8865	56,8865	56,7740	24,7728	25,7728	24,7977	0,55	0,055	2,70	0,270
T4	Maduro	Ácido Tartárico	pH1	1	23,4210	24,4210	24,3306	41,1506	42,1506	41,1689	3,10	0,310	1,20	0,120
			pH1	2	23,4210	24,4210	24,3254	41,1506	42,1506	41,1678	3,30	0,330	1,50	0,150
			pH1	3	23,4210	24,4210	24,3319	41,1506	42,1506	41,1681	3,20	0,320	1,30	0,130
T5	Maduro	Ácido Tartárico	pH2	1	23,3260	24,3260	24,2102	38,9514	39,9514	38,9740	1,30	0,130	2,95	0,295
			pH2	2	23,3260	24,3260	24,2134	38,9514	39,9514	38,9751	1,40	0,140	2,90	0,290
			pH2	3	23,3260	24,3260	24,2104	38,9514	39,9514	38,9745	1,35	0,135	3,00	0,300
T6	Maduro	Ácido Tartárico	pH3	1	48,2617	49,2617	49,1252	42,9409	43,9409	42,9705	0,40	0,040	3,20	0,320
			pH3	2	48,2617	49,2617	49,1353	42,9409	43,9409	42,9710	0,40	0,040	3,30	0,330

			pH3	3	48,2617	49,2617	49,1258	42,9409	43,9409	42,9707	0,40	0,040	3,30	0,330
T7	Verde	Ácido Cítrico	pH1	1	46,6676	47,6676	47,5202	11,7066	12,7066	11,7157	4,20	0,420	1,35	0,135
			pH1	2	46,6676	47,6676	47,5267	11,7066	12,7066	11,7159	4,25	0,425	1,40	0,140
			pH1	3	46,6676	47,6676	47,5213	11,7066	12,7066	11,7152	4,20	0,420	1,40	0,140
T8	Verde	Ácido Cítrico	pH2	1	47,7257	48,7257	48,6142	11,7131	12,7131	11,7291	2,20	0,220	2,60	0,260
			pH2	2	47,7257	48,7257	48,6079	11,7131	12,7131	11,7299	2,30	0,230	2,60	0,260
			pH2	3	47,7257	48,7257	48,6101	11,7131	12,7131	11,7297	2,10	0,210	2,40	0,240
T9	Verde	Ácido Cítrico	pH3	1	46,7173	47,7173	47,6157	10,3804	11,3804	10,4021	0,70	0,070	3,20	0,320
			pH3	2	46,7173	47,7173	47,6165	10,3804	11,3804	10,4018	0,75	0,075	3,15	0,315
			pH3	3	46,7173	47,7173	47,6098	10,3804	11,3804	10,4022	0,75	0,075	3,00	0,300
T10	Verde	Ácido Tartárico	pH1	1	98,9116	99,9116	99,7256	25,3730	26,3730	25,3876	4,10	0,410	1,10	0,110
			pH1	2	98,9116	99,9116	99,7301	25,3730	26,3730	25,3874	4,05	0,405	1,20	0,120
			pH1	3	98,9116	99,9116	99,7267	25,3730	26,3730	25,3871	4,00	0,400	1,00	0,100
T11	Verde	Ácido Tartárico	pH2	1	82,6057	83,6057	83,4647	26,0935	27,0935	26,1153	2,10	0,210	2,00	0,200
			pH2	2	82,6057	83,6057	83,4689	26,0935	27,0935	26,1156	2,10	0,210	1,95	0,195
			pH2	3	82,6057	83,6057	83,4702	26,0935	27,0935	26,1151	2,00	0,200	2,00	0,200
T12	Verde	Ácido Tartárico	pH3	1	97,7753	98,7753	98,6633	22,1098	23,1098	22,1373	0,60	0,060	3,10	0,310
			pH3	2	97,7753	98,7753	98,6556	22,1098	23,1098	22,1369	0,50	0,050	2,80	0,280
			pH3	3	97,7753	98,7753	98,6578	22,1098	23,1098	22,1370	0,55	0,055	2,80	0,280

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Anexo G: Resultados obtenidos en el pretratamiento.

Tratamiento	Estado de Madurez	Repeticiones	PRETRATAMIENTO	
			PesoPS (g)	RendPS (%)
T1	Maduro	1	9,12	1,82
		2	9,44	1,89
		3	9,52	1,90
T2	Maduro	1	9,02	1,80
		2	9,10	1,82
		3	9,15	1,83
T3	Maduro	1	9,07	1,81
		2	9,13	1,83
		3	9,20	1,84
T4	Maduro	1	9,01	1,80
		2	9,05	1,81
		3	9,18	1,84
T5	Maduro	1	9,04	1,81
		2	9,14	1,83
		3	9,16	1,83
T6	Maduro	1	9,06	1,81
		2	9,09	1,82
		3	9,15	1,83
T7	Verde	1	17,98	3,60
		2	19,04	3,81
		3	20,92	4,18
T8	Verde	1	18,45	3,69
		2	20,11	4,02
		3	20,37	4,07
T9	Verde	1	17,39	3,48
		2	17,51	3,50
		3	19,94	3,99
T10	Verde	1	17,65	3,53
		2	18,03	3,61
		3	19,14	3,83
T11	Verde	1	18,83	3,77
		2	19,90	3,98
		3	20,46	4,09
T12	Verde	1	17,91	3,58
		2	19,49	3,90
		3	19,52	3,90

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Anexo H: Resultados obtenidos en el proceso de extracción de pectina.

Tratamiento	Estado de Madurez [A]	Tipo de Ácido [B]	pH [C]	Repeticiones [D]	HIDRÓLISIS ÁCIDA		
					TiempoE (min)	PesoP (g)	RendP (%)
T1	Maduro	Ácido Cítrico	pH1	1	264,00	2,41	26,78
			pH1	2	262,00	2,39	26,56
			pH1	3	260,00	2,35	26,11
T2	Maduro	Ácido Cítrico	pH2	1	254,00	2,13	23,67
			pH2	2	253,00	2,16	24,00
			pH2	3	257,00	2,14	23,78
T3	Maduro	Ácido Cítrico	pH3	1	246,00	1,18	13,11
			pH3	2	245,00	1,13	12,56
			pH3	3	245,00	1,12	12,44
T4	Maduro	Ácido Tartárico	pH1	1	263,00	2,30	25,56
			pH1	2	260,00	2,31	25,67
			pH1	3	261,00	2,28	25,33
T5	Maduro	Ácido Tartárico	pH2	1	258,00	1,91	21,22
			pH2	2	257,00	1,87	20,78
			pH2	3	258,00	1,79	19,89
T6	Maduro	Ácido Tartárico	pH3	1	250,00	1,05	11,67
			pH3	2	251,00	1,01	11,22
			pH3	3	248,00	1,04	11,56
T7	Verde	Ácido Cítrico	pH1	1	279,00	3,37	37,44
			pH1	2	275,00	3,36	37,33
			pH1	3	280,00	3,41	37,89
T8	Verde	Ácido Cítrico	pH2	1	266,00	2,70	30,00
			pH2	2	264,00	2,83	31,44
			pH2	3	260,00	2,85	31,67
T9	Verde	Ácido Cítrico	pH3	1	251,00	1,91	21,22
			pH3	2	248,00	1,81	20,11
			pH3	3	250,00	1,85	20,56
T10	Verde	Ácido Tartárico	pH1	1	279,00	3,20	35,56
			pH1	2	277,00	3,11	34,56
			pH1	3	281,00	3,33	37,00
T11	Verde	Ácido Tartárico	pH2	1	269,00	2,49	27,67
			pH2	2	275,00	2,53	28,11
			pH2	3	270,00	2,45	27,22
T12	Verde	Ácido Tartárico	pH3	1	255,00	1,47	16,33
			pH3	2	263,00	1,53	17,00
			pH3	3	260,00	1,46	16,22

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Anexo I: Resultados obtenidos en la caracterización de las propiedades de calidad de la pectina.

Tratamiento	Estado de Madurez [A]	Tipo de Ácido [B]	pH [C]	Repeticiones [D]	CARACTERIZACIÓN DE LA PECTINA						
					%H	%C	PE	AL	%Me	%GE	%AAG
T1	Maduro	Ácido Cítrico	pH1	1	11,63	0,95	285,71	3,50	5,58	33,96	93,28
			pH1	2	11,77	0,91	270,27	3,70	5,89	33,93	98,56
			pH1	3	12,70	0,97	285,71	3,50	5,58	33,96	93,28
T2	Maduro	Ácido Cítrico	pH2	1	11,92	2,30	869,57	1,15	8,53	70,51	68,64
			pH2	2	11,96	2,26	833,33	1,20	8,68	70,00	70,40
			pH2	3	10,89	2,29	833,33	1,20	8,37	69,23	68,64
T3	Maduro	Ácido Cítrico	pH3	1	12,09	2,51	1666,67	0,60	7,44	80,00	52,80
			pH3	2	11,25	2,49	1818,18	0,55	8,37	83,08	57,20
			pH3	3	12,22	2,48	1818,18	0,55	8,06	82,54	55,44
T4	Maduro	Ácido Tartárico	pH1	1	9,04	1,83	322,58	3,10	3,72	27,91	75,68
			pH1	2	8,91	1,75	312,50	3,20	4,03	28,89	79,20
			pH1	3	9,56	1,72	303,03	3,30	4,65	31,25	84,48
T5	Maduro	Ácido Tartárico	pH2	1	11,56	2,31	740,74	1,35	9,30	68,97	76,56
			pH2	2	11,26	2,37	714,29	1,40	8,99	67,44	75,68
			pH2	3	11,58	2,26	769,23	1,30	9,15	69,41	74,80
T6	Maduro	Ácido Tartárico	pH3	1	12,64	3,01	2500,00	0,40	10,23	89,19	65,12
			pH3	2	13,65	2,96	2500,00	0,40	9,92	88,89	63,36

			pH3	3	13,59	2,98	2500,00	0,40	10,23	89,19	65,12
T7	Verde	Ácido Cítrico	pH1	1	14,63	0,86	238,10	4,20	4,34	25,00	98,56
			pH1	2	14,74	0,91	238,10	4,20	4,19	24,32	97,68
			pH1	3	14,09	0,93	235,29	4,25	4,34	24,78	99,44
T8	Verde	Ácido Cítrico	pH2	1	11,15	1,60	454,55	2,20	8,06	54,17	84,48
			pH2	2	11,78	1,68	434,78	2,30	8,06	53,06	86,24
			pH2	3	11,56	1,66	476,19	2,10	7,44	53,33	79,20
T9	Verde	Ácido Cítrico	pH3	1	10,75	2,18	1333,33	0,75	9,30	80,00	66,00
			pH3	2	10,08	2,14	1333,33	0,75	9,77	80,77	68,64
			pH3	3	10,16	2,17	1428,57	0,70	9,92	82,05	68,64
T10	Verde	Ácido Tartárico	pH1	1	18,60	1,46	243,90	4,10	3,41	21,15	91,52
			pH1	2	18,49	1,41	250,00	4,00	3,10	20,00	88,00
			pH1	3	18,15	1,44	246,91	4,05	3,72	22,86	92,40
T11	Verde	Ácido Tartárico	pH2	1	13,55	2,16	500,00	2,00	6,20	50,00	70,40
			pH2	2	14,10	2,18	476,19	2,10	6,20	48,78	72,16
			pH2	3	13,68	2,21	476,19	2,10	6,05	48,15	71,28
T12	Verde	Ácido Tartárico	pH3	1	11,75	2,72	1818,18	0,55	8,68	83,58	58,96
			pH3	2	11,20	2,75	1666,67	0,60	9,61	83,78	65,12
			pH3	3	11,97	2,71	2000,00	0,50	8,68	84,85	58,08

Realizado por: Teobaldo Patiño. 2021

Anexo J: Etapa del pretratamiento de la materia prima.

1.- Recepción de la materia prima



2.- Selección de la materia prima (verde)



3.- Selección de la materia prima (madura)



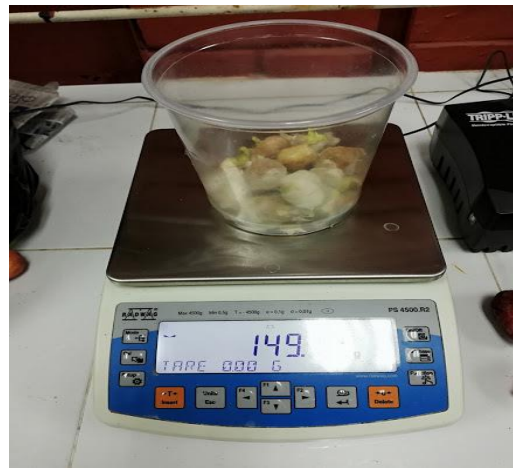
4.- Lavado de la fruta



5.- Troceado



6.- Rechazo



7.- Escaldado



8.- Pulpeado



9.- Prensado y medición °Brix



10.- Lavado de la pulpa



11.- Pulpa húmeda



12.- Pulpa seca



Anexo K: Etapa de hidrólisis ácida.

1.- Preparación de la solución ácida



2.- Pesaje de la pulpa seca



3.- Solubilización ácida



4.- Prensado



5.- Evaporación 1/4



6.- Precipitación



7.- Filtración



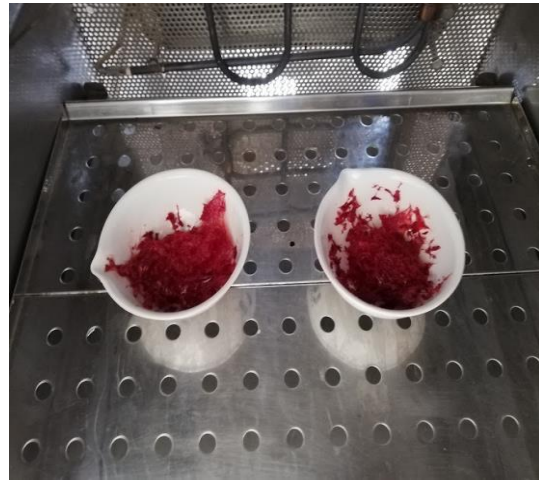
8.- Colorante



9.- Pectina húmeda



10.- Pectina seca



11.- Molienda



12.- Almacenamiento



Anexo L: Etapa de caracterización de la pectina.

1.- Humedad



2.- Ceniza



3.- Titulación A



4.- Titulación B





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 02 / 08 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Teobaldo Aurelio Patiño Robles</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
<i>Instituto de Posgrado y Educación Continua</i>
Título a optar: <i>Magíster en Ingeniería Química Aplicada</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.</i>

LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS

Firmado digitalmente por LUIS
ALBERTO CAMINOS VARGAS
Nombre de reconocimiento
(DN): c=EC, I=RIOBAMBA,
serialNumber=0602766974,
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Fecha: 2021.08.03 19:21:44
-05'00'



0071-DBRAI-UPT-IPEC-2021

Word TEOBALDO PATIÑO.docx Editar en el explorador Descargar Guardar en OneDrive

Word Accessibility Mode Print Find Immersive Reader

ABSTRACT

The present research aims to optimize the process of pectin extraction from *Syzygium malaccense* L. (pomarrosa) by acid hydrolysis to obtain a gelling agent. The pectic material was obtained with two stages of maturity (ripe and green), two acids (citric and tartaric) and three pH levels (1.0, 2.0 and 3.0), obtaining 12 treatments by means of a 2AX2BX3CX3D factorial experiment under a completely randomized design (CRD) and 3 replications. The process at the laboratory level was carried out in three stages. The first stage involved pretreatment of the fruit to obtain the dry pulp. In the second stage, acid hydrolysis was carried out to extract the pectin. In the third, the characterization of the pectin was carried out analyzing % H, % C, PE, AL, % Me, % Ge, % AAG and an analysis by infrared spectrophotometry (IR), where the quality was determined. Optimization was performed using Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), using the Social Sciences (SPSS) using Analysis of Variance (ANOVA) by Fisher's test. The appropriate treatment was determined to be T9, with a dry pulp yield of $3.66 \pm 0.29\%$, pectin yield of $20.63 \pm 0.56\%$, in an extraction time of 249.7 min. the parameters established by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). The T9 treatment was carried out from green fruit, with citric acid as an extracting agent at pH 3, at an acid solubilization temperature of 85 °C, drying temperature of 60 °C, and a particle diameter of 60 °C and a particle diameter of 177 μm . It is recommended to continue research on the fruit, because the hydrolysis yielded a red colorant which could contain carotenoids, organic pigments present in fruits and vegetables.

KEY WORDS: <POMARROSE (*Syzygium malaccense* L.)>, <ACID HYDROLYSIS>, <OPTIMIZATION>, <PECTIN>, <CHARACTERIZATION>.

Page 1 of 1 100% Proporcionar comentarios a Microsoft

ENVIO DE TRADUCCION

Buenas tardes, por favor me puede ayudar con la **Legalización y el Sello en el Abstrac del Centro de Idiomas**, en el resumen que solicite a esta dependencia, el cual es requisito para legalizar el título en el IPEC

Responder Reenviar

MONICA PAULINA CASTILL
O NIAMA
Lun 7/6/2021 22:35
Para: Teobaldo Aurelio P... y 1 usuarios más

TEOBALDO PATIÑO.docx
14 KB

BUENAS NOCHES AFUNTO SIRVASE ENCONTRAR LA TRADUCCION DE SU TRABAJO.