



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**OBTENCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE RESIDUOS
AGRÍCOLAS DE LIMÓN (*Citrus limon*) POR EL MÉTODO DE
HIDRÓLISIS ÁCIDA Y SU APLICACIÓN EN EL ÁREA
FARMACÉUTICA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

AUTORA:

ERIKA CRISTINA SORIA ILVAY

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**OBTENCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE RESIDUOS
AGRÍCOLAS DE LIMÓN (*Citrus limon*) POR EL MÉTODO DE
HIDRÓLISIS ÁCIDA Y SU APLICACIÓN EN EL ÁREA
FARMACÉUTICA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

AUTORA: ERIKA CRISTINA SORIA ILVAY

DIRECTORA: Ing. VIOLETA MARICELA DALGO FLORES MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Erika Cristina Soria Ilvay

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

Yo, ERIKA CRISTINA SORIA ILVAY, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos 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 Integración Curricular: El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 08 de diciembre del 2022

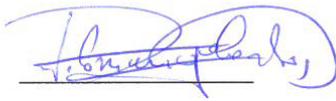


Erika Cristina Soria Ilvay

180496042-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Trabajo Experimental. **OBTENCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS DE LIMÓN (*Citrus limon*) POR EL MÉTODO DE HIDRÓLISIS ÁCIDA Y SU APLICACIÓN EN EL ÁREA FARMACÉUTICA**, realizado por la señorita **ERIKA CRISTINA SORIA ILVAY**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Carlos Pilamunga Capus PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-12-08
Ing. Violeta Maricela Dalgo Flores MSc. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-12-08
Dra. Adriana Isabel Rodríguez Basantes MIEMBRO DEL TRABAJO		2022-12-08

DEDICATORIA

Este merito le dedico a mi madre, el ángel que sin duda desde el cielo me acompaño durante este proceso, a mi padre, a Mery y hermanos, quienes han sido mi guía y soporte, dándome impulso y fuerza para lograr mis objetivos y no dejarme desfallecer, por ser el motivo principal de seguir adelante.

Erika

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme fortaleza y sabiduría, a mi padre José Soria y a Mery por su comprensión, consejos y apoyo incondicional, por el esfuerzo y sacrificio que hicieron para permitirme cumplir mi meta. A mis abuelitos y hermanos por estar pendientes de mi en todo momento, quienes aportaron con sus buenos deseos y palabras de aliento para llegar a este éxito. A mis amigas/os por su apoyo en los buenos y malos momentos, por los años compartidos y experiencias vividas durante la carrera. A mi tutora, Ing. Violeta Dalgo por su paciencia y asesoría durante el desarrollo del presente trabajo de titulación.

Erika

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Referencias Teóricas.....	5
2.2.1. <i>Limón</i>	5
2.2.1.1. <i>Componentes del limón en Ecuador</i>	6
2.2.1.2. <i>Distribución del limón en Ecuador</i>	7
2.2.1.3. <i>Control de calidad del limón</i>	7
2.2.2. <i>Pectina</i>	8
2.2.2.1. <i>Pectina en el limón</i>	8
2.2.2.2. <i>Estructura química de la pectina</i>	9
2.2.2.3. <i>Localización de la pectina</i>	9
2.2.2.4. <i>Clasificación de la pectina</i>	10
2.2.2.5. <i>Propiedades físico químicas de la pectina</i>	11
2.2.2.6. <i>Método de extracción de la pectina</i>	12
2.2.3. <i>Hidrólisis ácida</i>	12
2.2.4. <i>Pectina comercial</i>	15

2.2.5. <i>Aplicaciones en la industria farmacéutica</i>	15
2.2.6. <i>Demanda de la pectina en Ecuador</i>	16
2.2.7. <i>Emulsiones</i>	16
2.2.7.1. <i>Calidad de las emulsiones</i>	17
2.2.7.2. <i>Emulsiones elaboradas con pectina</i>	18
2.2.8. <i>Pectina en cremas</i>	18

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO	19
3.1. Lugar de Investigación	19
3.2. Tipo y diseño de la investigación	19
3.3. Población de estudio	19
3.4. Tamaño de la muestra	19
3.5. Diseño experimental	20
3.5.1. <i>Identificación de variables</i>	20
3.5.2. <i>Modelo de diseño experimental</i>	21
3.5.3. <i>Planteamiento de hipótesis</i>	21
3.5.4. <i>Matriz de operaconalización de variables</i>	22
3.5.5. <i>Matriz de consistencia de variables</i>	23
3.6. Materiales, reactivos y equipos	24
3.7. Proceso de extracción de pectina	25
3.7.1. <i>Diagrama del proceso de obtención de pectina</i>	25
3.7.1.1. <i>Selección y lavado de residuos de limón</i>	25
3.7.1.2. <i>Escaldado</i>	26
3.7.1.3. <i>Hidrólisis ácida</i>	26
3.7.1.4. <i>Filtrado I</i>	26
3.7.1.5. <i>Enfriamiento</i>	26
3.7.1.6. <i>Filtrado II</i>	27
3.7.1.7. <i>Secado</i>	27
3.7.1.8. <i>Molienda</i>	27
3.7.1.9. <i>Almacenamiento</i>	27
3.7.2. <i>Cálculo del rendimiento</i>	27
3.8. Caracterización de la pectina extraída	27
3.9. Aplicación de la pectina como estabilizante de una emulsión	30

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	33
4.1.	Extracción de pectina por hidrólisis ácida	33
4.2.	Análisis estadístico del rendimiento químico de la pectina.....	34
4.2.1.	<i>pH en la extracción de pectina</i>	34
4.2.2.	<i>Tiempo en la extracción de pectina</i>	34
4.2.3.	<i>Temperatura en la extracción de pectina</i>	34
4.3.	Caracterización de la pectina mediante ensayos fisico químicos	36
4.3.1.	<i>Análisis físico químico de la pectina</i>	36
4.4.	Comparación con la pectina comercial según la FAO y USP.....	38
4.4.1.	<i>Parámetros físico químicos</i>	39
4.4.2.	<i>Análisis por espectrofotometría infrarroja</i>	40
4.5.	Aplicación de la pectina como agente estabilizante de la emulsión	42
54.5.1.	<i>Ensayo de estabilidad de la emulsión</i>	45
	CONCLUSIONES.....	45
	RECOMENDACIONES.....	46
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Composición nutricional del limón	6
Tabla 2-2:	Parámetros de calidad del limón.....	7
Tabla 3-2:	Porcentaje de pectina en frutos.....	8
Tabla 4-2:	Porcentaje de pectina en el limón	9
Tabla 5-2:	Ensayos de calidad de la pectina comercial.....	15
Tabla 6-2:	Diferencias entre emulsiones.....	16
Tabla 1-3:	Variables en cada etapa del proceso	20
Tabla 2-3:	Variables en el proceso de extracción de pectina	21
Tabla 3-3:	Tratamientos aplicados en la obtención de pectina	21
Tabla 4-3:	Operacionalización de variables.....	22
Tabla 5-3:	Matriz de consistencia de variables	23
Tabla 6-3:	Condiciones del proceso de hidrólisis ácida.....	26
Tabla 7-3:	Formulación de la crema	31
Tabla 1-3:	Rendimiento químico de la pectina	33
Tabla 2-3:	Análisis de varianza de la influencia del pH de extracción.....	34
Tabla 3-3:	Análisis de varianza de la influencia del tiempo de extracción.....	35
Tabla 4-3:	Análisis de varianza de la influencia de la temperatura de extracción	35
Tabla 5-3:	Ensayos físico químicos de la pectina	36
Tabla 6-3:	Comparación de parámetros de calidad de la pectina.....	38
Tabla 7-3:	Grupos funcionales de la pectina de residuos de limón.....	40
Tabla 8-3:	Grupos funcionales de la pectina comercial	41

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Limón.....	5
Ilustración 2-2:	Estructura básica de la pectina.....	9
Ilustración 3-2:	Estructura de la pared celular.....	10
Ilustración 4-2:	Estructura de la pectina de alto metoxilo.....	11
Ilustración 5-2:	Estructura de la pectina de bajo metoxilo.....	11
Ilustración 6-2:	Pre tratamiento de la pectina.....	14
Ilustración 7-2:	Proceso de obtención de pectina por hidrólisis ácida.	14
Ilustración 8-2:	Tipos de emulsión.....	17
Ilustración 1-3:	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.....	19
Ilustración 2-3:	Proceso de obtención de pectina.....	25
Ilustración 1-4:	Espectro infrarrojo de pectina de residuos de limón.....	39
Ilustración 2-4:	Espectro infrarrojo de pectina comercial.....	41
Ilustración 3-4:	Elaboración de emulsión farmacéutica.....	43

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PROCESO DE OBTENCIÓN DE PECTINA POR HIDRÓLISIS ÁCIDA

ANEXO B: CARACTERIZACIÓN DE LA PECTINA EXTRAÍDA

ANEXO C: PREPARACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DE LA EMULSIÓN

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue obtener pectina a partir de residuos agrícolas de limón (*Citrus limon*) por el método de hidrólisis ácida y su aplicación en el área farmacéutica, mediante un estudio experimental y cuantitativo. La población de estudio estuvo conformada por los residuos orgánicos del limón que se procesaron a nivel de los restaurantes de la zona centro de la ciudad de Riobamba. Para el desarrollo de la investigación se realizó el pre tratamiento de los residuos y en la extracción de pectina se tomó en cuenta tres variables como pH, tiempo y temperatura de extracción. Como resultado se obtuvo que, el mejor tratamiento se dio bajo condiciones como pH 1.5, temperatura de 80°C y por un tiempo de extracción de 80 minutos, con un rendimiento químico de 7,77%, en cuanto al análisis físico-químicos se determinó un valor de humedad de 3,2%, cenizas 1,49, peso equivalente 1250 mg/mEq, acidez libre de 0,0008 mEq/g, porcentaje de metoxilo de 6,90%, grado de esterificación de 84,75% y en el porcentaje de ácido anhidro galacturónico se obtuvo 92,40%, determinando de este modo, que la pectina al ser de alto metoxilo posee una capacidad como agente gelificante y estabilizante. También se elaboró una crema corporal a base de ácido salicílico determinando que el producto cumplió con las características organolépticas y un pH adecuado para garantizar su uso a nivel dérmico. Se concluyó que la pectina obtenida de residuos de limón cumplió con los parámetros de calidad y es útil a nivel farmacéutico al ser un agente estabilizante de las emulsiones. Se recomienda realizar un adecuado pre tratamiento de los residuos orgánicos y potenciar el uso de la pectina a nivel industrial al ser una pectina de calidad.

Palabras clave: <BIOQUÍMICA Y FARMACIA>, <PECTINA>, <LIMÓN>, <RESIDUOS ORGÁNICOS>, <ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO>, <AGENTE ESTABILIZANTE>, <EMULSIONES>.

0116-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

The main objective of this research study was to obtain pectin from lemon (*Citrus limon*) agricultural residues by the acid hydrolysis method and its application in the pharmaceutical area. Through an experimental and quantitative study. The study population was made up of the organic residues of the lemon that were processed, at the level of the restaurants in the downtown area of the city of Riobamba. For the development of the investigation, the pre-treatment of the residues was carried out and in the pectin extraction began, three variables were taken into account, such as pH, time, and extraction temperature. As a result, it was obtained that the best treatment was given under conditions such as pH 1.5, a temperature of 80°C, and an extraction time of 80 minutes, with a chemical yield of 7.77%, regarding the physical-chemical analysis, a humidity value of 3.2%, ash 1.49, equivalent weight 1250 mg/mEq, free acidity of 0.0008 mEq/g, methoxyl percentage of 6.90%, degree of esterification of 84.75% and in the percentage of galacturonic anhydrous acid was obtained 92.40%. Determining that pectin, being high methoxyl, has a capacity as a gelling and stabilizing agent. A salicylic acid-based body cream was also made, determining that the product met the organoleptic characteristics and an adequate pH to guarantee its use at a dermal level. It was concluded that the pectin obtained from lemon waste complied with the quality parameters and is useful at a pharmaceutical level as it is a stabilizing agent for emulsions. It is recommended to perform an adequate pre-treatment of the organic waste and promote the use of pectin at an industrial level, as it is a very good quality pectin.

Keywords: <BIOCHEMISTRY AND PHARMACY>, <PECTIN>, <LEMON>, <ORGANIC WASTE>, <CHEMICAL PHYSICAL ANALYSIS>, <STABILIZING AGENT>, <EMULSIONS>.



Mgs. Evelyn Carolina Macias Silva
C.I 0603239070

INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país con gran diversidad agraria, sobre todo en el cultivo y producción de productos como el limón, que constituye una de las frutas más consumidas por su aporte de nutrientes y por su uso a nivel medicinal (Vanegas 2015, p. 16).

En el periodo 2016-2017 la superficie cultivada de limón incrementó a nivel mundial con una tasa anual de alrededor del 3%. En el 2013 Ecuador registró 5500 hectáreas de limón, ubicándose en el décimo lugar en América Latina, sin embargo, según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) sólo el 0,08% de las hectáreas sembradas correspondían a las exportaciones del país, produciendo anualmente 24802 toneladas (Mero 2020, p. 16).

En cuanto al limón, la pulpa o endocarpio es ampliamente aprovechada, mientras que la cáscara o epicarpio, que es el residuo principal, termina desechándose. No obstante, de la cáscara se pueden obtener productos con alto valor agregado como es el caso de la pectina, la cual posee capacidad para formar geles de gran importancia en la industria alimentaria y farmacéutica, aunque también tiene un elevado impacto ambiental y económico (Flores et al. 2016, p. 77).

De acuerdo al Banco Central de Ecuador, en el país se importa pectina desde el año 1990 desde distintos lugares como: Alemania, Brasil, Bélgica, Colombia, España, China, México, Dinamarca, Estados Unidos y Perú; debido a que este producto no es producido en el país (Rentería 2015, p. 11). Para el año 2015 el volumen de importación fue de alrededor de 44,88 toneladas métricas, lo que genera una salida de divisas de \$762.960,00 y a la vez dependencia tecnológica de producción proveniente de otros países. En Ecuador las principales importaciones de pectina las dan por cinco empresas: Industrias Lácteas Toni, Ecuajugos S.A, Alpina Productos Alimenticios Alpiecuador S.A, Alvarado Román Edgar y Provequim C.A; empresas que adquirieron el kilogramo de pectina a un valor de \$23,50 (Rivadeneira y Lok 2016, p. 1).

En la actualidad ha incrementado el interés por los productos naturales, por lo cual, a nivel mundial han surgido alternativas para el aprovechamiento de subproductos agrícolas. (Ávila 2019, p. 18). Con el uso de tecnologías, procesos químicos y biotecnológicos, es factible dar un uso productivo a desechos orgánicos como las cáscaras de frutos cítricos, para su posterior uso a nivel industrial, mediante distintos métodos y técnicas, donde se destaca la hidrólisis ácida al presentar mayor rendimiento de reacción y al no requerir de pre tratamientos sofisticados (Ávila 2019, p. 17).

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

En la industria farmacéutica los usos de pectina son aún limitados respecto a la industria alimentaria, sin embargo, en los últimos años se ha enfatizado su uso como agente estabilizador, excipiente, portador de fármacos de liberación controlada, agente de unión, entre otros; teniendo efecto en la excreción de compuestos tóxicos, como agente anticoagulante, acción inmunológica, apósito de heridas, vehículo de transferencia genética y en formulaciones de medicamentos contra el cáncer o problemas a nivel intestinal (Muñoz 2016, p. 9).

A nivel nacional se genera una gran cantidad de residuos orgánicos, los cuales no son aprovechados o procesados para su uso a nivel industrial. Además, el poco conocimiento en el país ha provocado que no se produzca pectina a nivel nacional, por lo que, las industrias alimentarias y farmacéuticas deben importar pectina al país.

1.2. Justificación

Teniendo en consideración la alta demanda de la pectina a nivel alimentario, cosmetológico y farmacéutico, ha surgido la necesidad de desarrollar a nivel del laboratorio un proceso que permita la obtención de este polisacárido, a partir de residuos orgánicos del limón. Este procedimiento permitirá generar un producto a un menor costo en relación a la pectina comercial y con un valor agregado por su impacto a nivel ambiental con el aprovechamiento de residuos de productos que son ampliamente utilizados.

Con base en lo anterior y considerando que Ecuador es un país que produce a gran escala el limón, se considera que se cuenta con la suficiente materia prima para poder llevar a cabo el procedimiento, además, el método de extracción de hidrólisis ácida es de bajo costo respecto a otros procesos, por lo cual, la generación de pectina es un procedimiento viable con el fin de generar este polisacárido con altos estándares de calidad.

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Obtener pectina a partir de residuos agrícolas de limón (*Citrus limon*) por el método de hidrólisis ácida y su aplicación en el área farmacéutica.

1.3.2. Objetivos específicos

- Extraer pectina a partir de residuos de limón mediante hidrólisis ácida y evaluación del rendimiento químico.
- Realizar la caracterización de la pectina extraída de residuos de limón mediante ensayos físico-químicos.
- Comparar las características de la pectina extraída por residuos orgánicos respecto a los parámetros de una pectina comercial según la FAO y la USP.
- Aplicar la pectina obtenida de residuos de limón como agente estabilizante de emulsión, para su utilización en el área farmacéutica.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En los últimos años ha cobrado importancia el uso de productos bionaturales por el beneficio a la salud y el menor impacto ambiental, uno de estos productos es la pectina, un biopolímero constituido por ácido galacturónico, el cual confiere sus propiedades gelificantes a nivel de la industria farmacéutica y alimentaria (Molina 2018, p. 2).

En México un estudio sobre “Utilización de un desecho de la producción de jugo de limón persa (*Citrus latifolia*) en la obtención de pectina cítrica”, encontró que los desechos que se generan en las productoras de jugo persa podrían ser usados en la extracción de pectina por medio de hidrólisis ácida, utilizando ácido clorhídrico para poder ajustar el pH con una relación 1:1 del alcohol etílico y el extracto de pectina, obteniendo así un mayor rendimiento, al igual que llevando un control de las variables temperatura, relación agua-cáscara y tiempo (Romero et al., 2017, p. 292).

En Perú se realizó un estudio sobre “Optimización de las condiciones de extracción de pectina a partir de cáscara de limón francés (*Citrus medica*) utilizando la metodología de superficie de respuesta”, donde se determinó que la extracción a partir de la cáscara de limón a una temperatura entre 70-90°C, con un pH de 1 a 3, obteniendo un rendimiento de 10,5-52,5%, además, el porcentaje de esterificación presentaba una variación del 52,2 al 80%, siendo una pectina de alto metoxilo (Flores et al., 2018, p. 77).

En Colombia una investigación acerca de “Estudios de obtención de pectina aplicando procesos de membrana”, determinó que, los procesos de membrana eran una herramienta adecuada para realizar la concentración del extracto pectínico, debido a la porosidad y a la resistencia hidráulica, ya que no se utilizaron agentes precipitantes en comparación al método convencional. Además, se obtuvieron geles con diferente fuerza de rotura, enfatizando en la necesidad de un proceso de ultrafiltración para obtener un producto que se ajuste de mejor manera a los estándares de calidad (Damian, 2018, p. 92).

En Quito un estudio sobre “Diseño de un proceso para la obtención de pectina de la corteza del limón de la variedad Tahiti”, se determinó un rendimiento superior de 14,76% al trabajar a 75°C, con un pH de 3. Al caracterizar la pectina extraída se concluyó que cumplía con los estándares de la FAO con un contenido de agua de 5,86%, cenizas de 1,21, con 3,55% de metoxilos y un grado de esterificación de 72,85% (Galeas, 2017, p. 107).

Un estudio sobre la aplicación de la pectina en la industria farmacéutica sobre “Extracción y caracterización de pectinas de piel de lima y su uso como estabilizante de emulsiones de aceite en agua”, determinó que, la pectina extraída tuvo un rendimiento del 71%, con abundancia de

ácidos urónicos, seguidos de glucosa y arabinosa; las pectinas de alto metoxilo son capaces de estabilizar una emulsión ya que al comparar una emulsión con tween 20 se observó que el uso de pectina le daba una mayor viscosidad de 37 aproximadamente, además, presentaban mayor estabilidad, siendo una opción viable para la formulación de emulsiones de aceite en agua (Chamorro 2019, p. 27).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Limón (*Citrus limon*)

El limón es considerado como la tercera especie de cítricos más importantes a nivel mundial, detrás del naranjo y el mandarino. Esta fruta se consume generalmente en forma de zumo debido a la gran cantidad de nutrientes beneficiosos que posee. El cultivo de esta fruta requiere de un clima determinado, se pueden encontrar en algunas zonas con clima tropical o semi tropical, sin embargo, no tienen las mismas características porque son muy gruesos y con muy poca acidez (Gallegos 2017, p. 1).

Dentro de las múltiples propiedades nutritivas del limón, se sabe que son bajos en calorías, además, se destaca su contenido en cuanto a vitamina C, ácido cítrico que es una sustancia astringente y el potasio que es un mineral (Gallegos 2017, p. 1).

El limón tiene su origen en la India o China, cultivándose en Asia desde hace un poco más de 2.500 años, en el siglo XVI fue introducido en el continente americano por los exploradores españoles. Se pueden clasificar según su tamaño, en pequeños, medianos y grandes y por la coloración en verdes y amarillos, además, en cuanto a la porción comestible es de 64 gramos por cada 100 gramos de producto (Planas, 2017, p. 1).



Ilustración 1-2. Limón

Fuente: Gallegos, J. El limón, 2017.

2.2.1.1. Componentes del limón

El mayor componente del limón es el agua, por lo que esta fruta tiene un escaso valor calórico de 44 kcal/100 g, también aporta en gran medida vitamina C, alrededor de 50 mg/100 g de fruta comestible. En cambio la pulpa, contiene ácidos de tipo orgánico, principalmente ácido cítrico y en menor cantidad el ácido málico (el cual es responsable del sabor ácido de esta fruta), ácido acético y ácido fórmico. En la cáscara existe gran cantidad de fibra, la cual puede ser de dos tipos (AILIMPO 2019, p. 11):

- Solubles: gomas, mucílagos y pectinas
- Insolubles: celulosa, lignina, hemicelulosa

El limón también posee variedad de fitonutrientes o componentes bioactivos como flavonoides (flavonas, flavonoles, dihidroflavonoles), terpenos, compuestos fenólicos, cumarinas y antocianinas (Porras 2018, p. 95).

Tabla 1-2: Composición nutricional del limón

Componente	Por 100 g de porción comestible
Energía (Kcal)	44,00
Proteínas (g)	0,70
Lípidos totales (g)	0,40
Colesterol (mg)	-
Carbohidratos (g)	9,00
Fibra (g)	1,00
Agua (g)	88,90
Calcio (mg)	12,00
Hierro (mg)	0,40
Yodo (ug)	3,00
Magnesio (mg)	18,00
Zinc (mg)	0,12
Sodio (mg)	3,00
Potasio (mg)	149,00
Fósforo (mg)	16,00
Selenio (ug)	1,00
Tiamina	0,05
Rivoflavina	0,03
Vitamina C (mg)	50,00
Vitamina A (ug)	2,30
Vitamina D (ug)	0,00
Vitamina E (mg)	0,50

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2019.

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

2.2.1.2. Distribución del limón en el Ecuador

A nivel mundial existen ciertas variedades de limón (*Citrus limón*), que se diferencian en su contenido de zumo, la textura de la corteza, su grosor, el color y también la presencia de semillas. Las variedades más importantes son (García, 2017, p. 2):

- Verna
- Fino o Primofiori
- Eureka
- Lisbon,

En Ecuador se cultiva principalmente dos variedades de limón, el “sutil” para el consumo a nivel local y el “Tahití” se usa para la exportación. Entre ambas variedades hay alrededor de 4405 hectáreas, en monocultivo y un total de 3257 unidades de la producción agropecuarias. De acuerdo a un Censo Agropecuario, se estima que, en las provincias de Manabí y Guayas se da la mayor producción de limón Tahití (García, 2017, p. 2).

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en el país en el año 2015, se evidenció la existencia de 5419 hectáreas sembradas de limón, sin embargo el porcentaje de exportación era mínimo, sólo el 0,08%, donde se demuestra lo poco explorado que es el país, la principal concentración la presentaba Manabí con el 32%, Pichincha con 22%, Guayas con el 13%, Loja con 9%, El Oro con 4% y el resto del país con el restante del 12%; en total se produce anualmente 24802 toneladas teniendo un rendimiento productivo de 4720 kilogramos por hectárea (Mero 2020, p. 2016).

2.2.1.3. Parámetros de calidad del limón

Dentro de los parámetros de calidad que presenta el limón, se encuentran los mencionados a continuación:

Tabla 2-2: Parámetros de calidad del limón

Parámetro	Valor
Humedad	89,99%
Cenizas	3,15
pH	2,4
Sólidos solubles	9
Acidez	50,1
Vitamina C	482 mg/l

Fuente: Ortiz, Karla, 2018.

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

2.2.2. Pectina

La pectina es una sustancia natural formada en la pared primaria y en los tejidos parenquimáticos y mesenquimáticos de vegetales y frutos, al funcionar como un cemento intercelular. La pectina fue descubierta en 1825 al ser aislada por el químico Henri Braconnot, este término deriva del griego “pektikos”, que significa solidificar o congelar. Esta sustancia tiene la particularidad de formar coloides, ya que absorbe una gran cantidad de agua, está dentro del grupo de los oligosacáridos y polisacáridos con alto peso molecular, conteniendo largas cadenas de 1,4- α -D-ácido galacturónico cuyos grupos carboxílicos se encuentran parcialmente metoxilados (Silva et al., 2017, p. 176).

A nivel general la pectina se encuentra en una gran variedad de frutos en los siguientes porcentajes:

Tabla 3-2: Porcentaje de pectina en frutos

Frutos	Pectina (%)
Cítricos	20-35
Manzanas	10-15
Girasol	15-25
Maracuyá	15-20

Fuente: Baltazar, R. Extracción de pectina de cáscara de limón francés, 2015.

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

2.2.2.1. Pectina en el limón

En el limón se encuentra mayoritariamente la fibra de tipo soluble como es el caso de la pectina, la cual se ubica en el albedo, la capa blanca de textura esponjosa debajo de la corteza del fruto. El porcentaje de pectina tanto en materia fresca como en materia seca, se presenta a continuación (AILIMPO 2015, p. 10):

Tabla 4-2: Porcentaje de pectina en el limón

Fruto	Pectina (%)	
	Materia fresca	Materia seca
Corteza de limón	3%	32%
Corteza de limón verde	4%	50%

Fuente: Baltazar, R. Extracción de pectina de cáscara de limón francés, 2015.

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

2.2.2.2. Estructura química de la pectina

En la pectina se identifican dos regiones, una lisa y una rugosa, las mismas que están conformadas por tres dominios de polisacáridos, el constituyente mayoritario es Homogalacturonanos en un 65%, el cual se encuentra formado por residuos de ácido galacturónico, que se unen por enlaces α y cuyos grupos carboxilo son metilesterificados de forma parcial. La complejidad de la pectina es alta debido a que la estructura puede cambiar durante la conservación, almacenamiento de la planta y el procesamiento de este heteropolisacárido, al modificarse su funcionalidad (Muñoz, 2018, p. 3).

Las pectinas están formadas por tres dominios de polisacáridos en los siguientes porcentajes (Salazar y Gamboa, 2019, p. 68):

- Homogalacturonanos: Es un polisacárido péctico abundante a nivel de la pared celular, además, está presente en alrededor del 60-65% de la masa total de la pectina.
- Ramnogalacturonanos I: Representa del 20-35% de la pectina, se encuentra en forma de zigzag y posee una variedad de cadenas de glucanos, en especial, galactosa y arabinana unidas a unidades de ramnosa.
- Ramnogalacturonanos II: Es una estructura que representa el 10% de la pectina, es un esqueleto de ocho homogalacturona unidas.

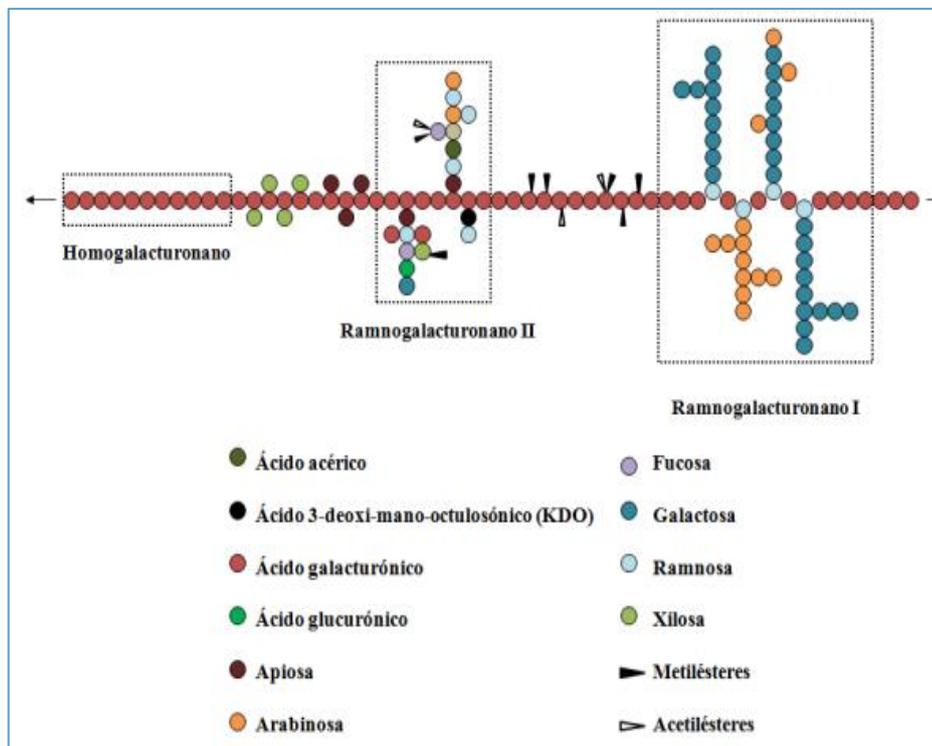


Ilustración 2-2. Estructura básica de la pectina.

Fuente: Muñoz, N. Obtención y caracterización de pectinas, 2015.

2.2.2.3. Localización de la pectina

La pectina es un polisacárido que se halla en la pared celular y, además, es muy abundante en las zonas no leñosas de la planta. A nivel de la pared celular vegetal hay una matriz compleja que caracteriza a la planta de forma morfológica y a la vez permite la comunicación del medio externo e interno, entre células. En su composición se pueden distinguir las siguientes sustancias (Patiño 2021, p. 18):

- Celulosa
- Polisacáridos pécticos
- Hemicelulosa
- Proteínas
- Cutina
- Lignina
- Suberina
- Compuestos inorgánicos

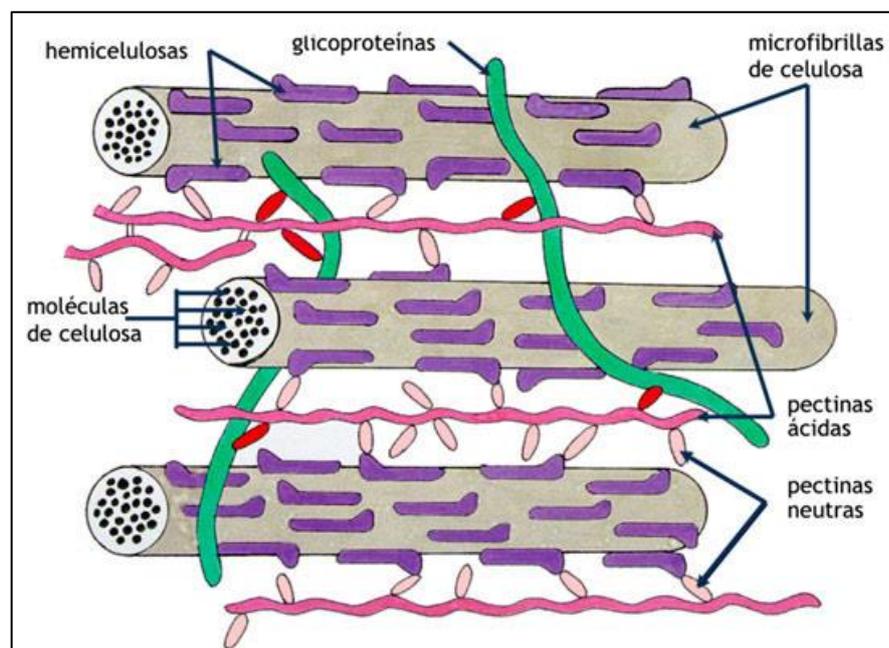


Ilustración 3-2. Estructura de la pared celular.

Fuente: Menéndez, J. 2014.

2.2.2.4. Clasificación de la pectina

Dentro del grupo de las pectinas se pueden evidenciar dos tipos en función del grado de esterificación:

- **Pectinas de alto metoxilo**

Son aquellas pectinas con más del 50% de los grupos carboxilo del ácido galacturónico esterificados con metanol, se considera que pueden formar geles bajo condiciones de pH de 2,8 y 3,5 y una cantidad de sólidos solubles o azúcar en un rango de 60% y 70. A nivel general una pectina puede tener un 16% de metoxilo sin embargo se pueden encontrar pectinas con hasta el 14%. Este grupo de polisacáridos pueden subdividirse en dos categorías (Ferreira, 2017, p. 18):

-De gelificación rápida: forman el gel en menos de cinco minutos con un grado de esterificación del 68-75%.

-De gelificación lenta: tardan mas de cinco minutos en formar el gel con un grado de esterificación del 60-68%.

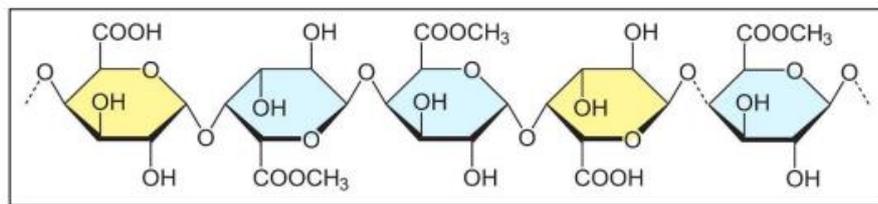


Ilustración 4-2. Estructura de la pectina de alto metoxilo.

Fuente: Toapanta, E. 2018.

Gel de pectina de alto metoxilo

Las cadenas de las pectinas de alto metoxilo se unen por interacciones de tipo hidrofóbico de los grupos metoxilo o a la vez mediante puentes de hidrógeno y como consecuencia las pectinas de alto metoxilo pueden formar geles a pH entre 1 y 3,5, con una concentración de azúcar entre el 55% y el 85% (Calvo, 2018).

- **Pectinas de bajo metoxilo**

Son un grupo de pectinas con menos del 50% de grupos carboxilo esterificados con metanol. La formación del gel tiene lugar cuando hay un pH de 1 a 7, ya que este parámetro no afecta la textura del gel ni tampoco la cantidad de sólidos solubles, pero requiere la presencia de cationes divalentes como el calcio, que es el factor dominante (Ferreira, 2017, p. 18).

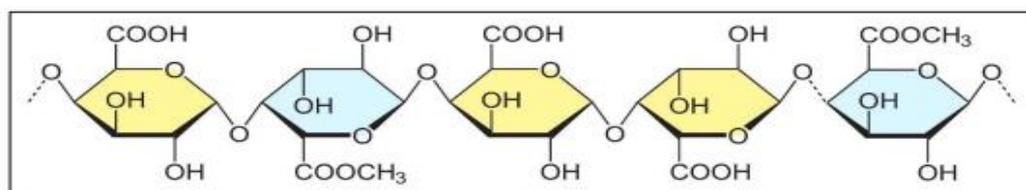


Ilustración 5-2. Estructura de la pectina de bajo metoxilo.

Fuente: Toapanta, E. 2018.

Gel de pectina de bajo metoxilo: En el caso de la formación de geles de bajo metoxilo se da la unión de las cadenas a través de iones de calcio, para formar puentes entre las cargas negativas. Estas pectinas pueden formar geles de consistencia máxima cuando la cantidad de calcio varía de 20 a 100 mg por gramo de pectina, además, la presencia de azúcar puede reducir significativamente la cantidad de calcio necesaria, es decir, a menor cantidad de azúcar que esté presente en el producto, será necesario utilizar pectinas de bajo metoxilo para poder obtener una misma consistencia (Calvo, 2018).

2.2.2.5. *Propiedades físico-químicas de la pectina*

Las pectinas presentan varias propiedades responsables de su actividad como por ejemplo (Ferreira, 2017, p. 21):

- Solubilidad: El agua es el mejor solvente para las pectinas, pero es insoluble en solventes orgánicos o en soluciones de detergentes cuaternarios, proteínas y cationes de tipo polivalente.
- Rotación óptica: Las soluciones de pectina son ópticamente activas, con una rotación de + 230° aunque la pureza aumenta este valor.
- Acidez: El pH puede variar entre 2,8 y 3,4 según el grado de esterificación.
- Viscosidad: Forman soluciones viscosas en agua, en las pectinas con alto metoxilo la viscosidad aumenta cuando incrementa el peso molecular.
- Velocidad y tiempo de asentamiento: En los geles que se forman con pectinas de bajo contenido de metoxilo, la temperatura de asentamiento es independiente a la velocidad de enfriamiento.
- Poder de gelificación: Es la capacidad de formar soluciones coloidales, los geles de pectina con ácido y azúcar se forman con pectinas de alto metoxilo y en el caso de las pectinas de bajo metoxilo, es importante la presencia de iones calcio (Ferreira, 2017, p. 21).

2.2.2.6. *Método de extracción de la pectina*

El proceso convencional para obtener pectina, especialmente de frutos cítricos, es la hidrólisis, mediante este proceso se da el rompimiento de los puentes de hidrogeno, implica etapas para acondicionar la cáscara, como lavado, trozado, inactivar enzimas, extraer sólidos solubles, después se procede a la extracción de pectina, a la concentración de extracto mediante presión reducida, precipitación del concentrado y finalmente secado y molienda (Damián et al., 2018, p. 74).

2.2.3. *Hidrólisis ácida*

La hidrólisis ácida es uno de los métodos más conocidos para obtener pectina, el cual, consiste en

colocar al sustrato a cocción en un medio ácido, posterior se filtra y purifica para poder separar la pectina del resto de compuestos presentes en las cáscaras, para posteriormente secarla y molerlas hasta obtener un polvo fino. Generalmente la extracción con ácidos produce pectinas con alto grado de esterificación, mientras que las sales pectinas con bajo grado. La materia prima es sometida a una hidrólisis ácida, con temperatura entre 85 a 90°C, un pH de 1,6 a 2 con ácido clorhídrico y por un período de 30-60 minutos. Todos estos parámetros de extracción influyen en el grado de gelificación (Flores et al., 2017, p. 79).

Al material sólido se le añade la misma cantidad de agua usada al inicio y a la solución algún ácido como el sulfúrico, nítrico o ácido clorhídrico hasta tener un pH deseado, cuando se usa ácido clorhídrico al 37%, es posible calcular su uso en la solución, por ejemplo, se usa de 6 a 8 ml del ácido por cada litro de la solución del extracto, por un tiempo de calentamiento de 60 minutos a 70 u 80°C, además, la agitación debe ser permanente para poder evitar que el material sólido pudiera depositarse en el fondo (Flores et al., 2017, p. 79).

En el proceso de hidrólisis ácida se distinguen las siguientes etapas (Toapanta 2018, p. 32):

- Recepción y selección de la materia prima
- Lavado de las frutas
- Troceado de las frutas
- Escaldado: elimina la actividad enzimática de las pectinasas, se utilizan temperaturas entre 70°C y 100°C
- Pulpeado: proceso de obtención de la pulpa de la fruta
- Filtración: existe un flujo de fluidos que separa un sólido de un medio en suspensión
- Secado
- Evaporación
- Extracción de las fases sólido líquido
- Precipitación usando etanol al 96%
- Molienda para reducir el tamaño de las partículas
- Tamizado para el posterior análisis granulométrico

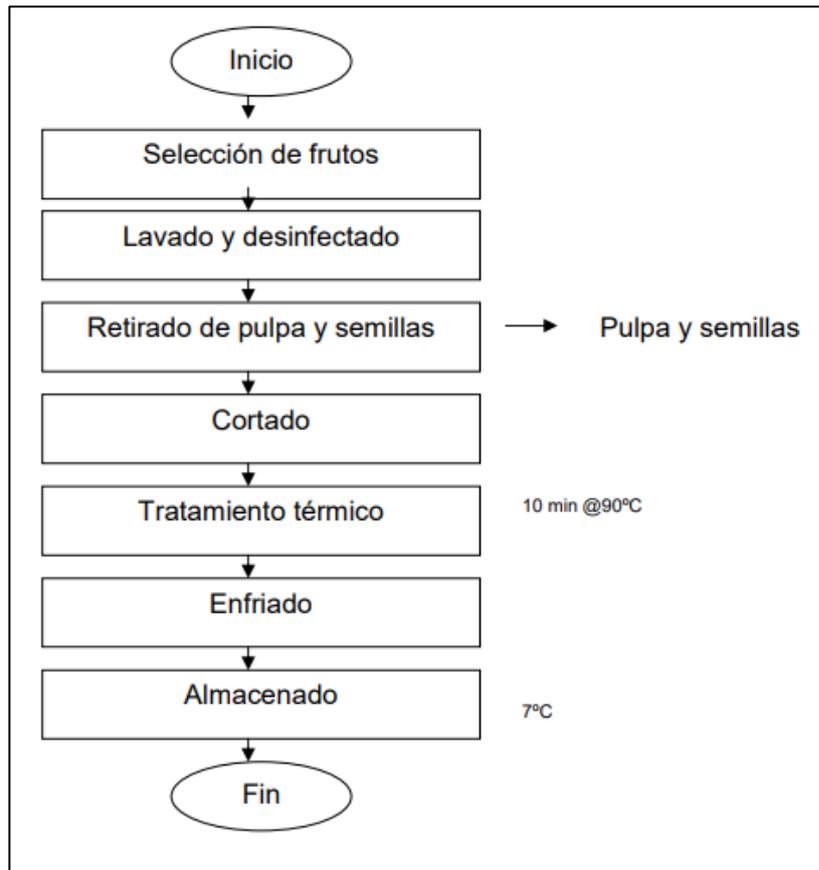


Ilustración 6-2. Pre tratamiento de la materia prima

Fuente: Flores, Roger. Optimización de las condiciones de extracción de pectina. 2015.

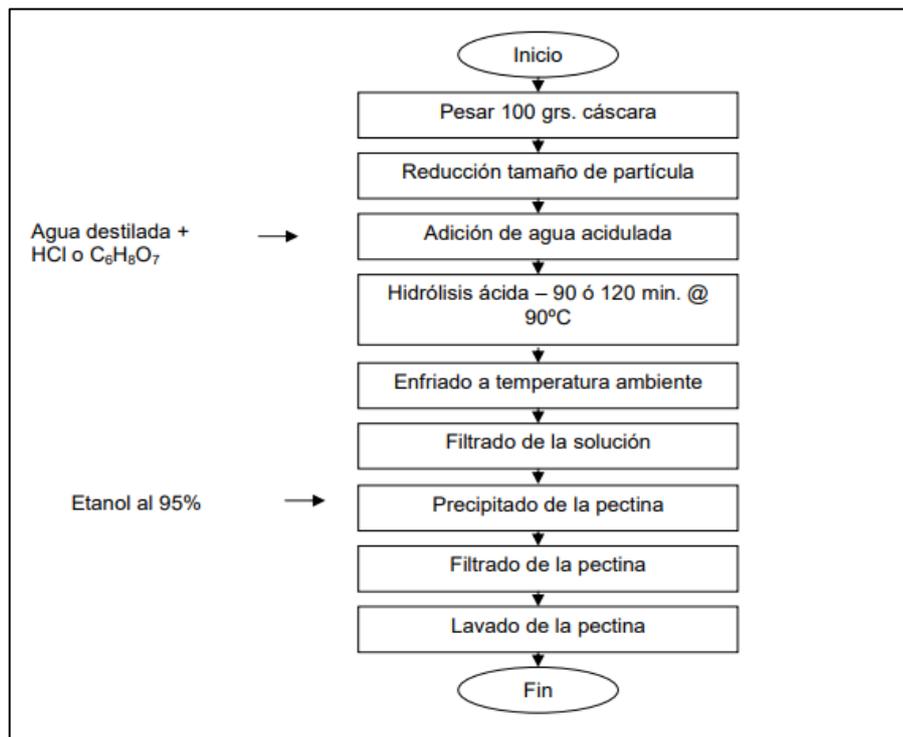


Ilustración 7-2. Proceso de extracción de pectina por hidrólisis ácida.

Fuente: Charchalac. L. Efecto de hidrólisis ácida en el rendimiento de pectina. 2018.

2.2.4. *Pectina comercial*

Se estima que la producción a nivel mundial de la pectina es de 35.000 toneladas anuales, siendo los principales productores los países de Dinamarca, Estados Unidos, Holanda, Canadá, Suiza, México y Alemania (Silva et al. 2018, p. 181).

Tabla 5-2: Ensayos de calidad de la pectina comercial.

Parámetro	Pectina comercial
Humedad	0,63%
Cenizas	1,35%
pH	3,3
Densidad	0,81 Kg/m ³
Grados Brix	1,57°
Viscosidad	103,83 Pa
% de grupos metoxilo	1,14%
% de rendimiento	10,11%

Fuente: Cuesta y Muñoz. Laboratorio de química orgánica, 2010.

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

2.2.5. *Aplicaciones en la industria farmacéutica*

La pectina se encuentra inscrita en la FDA como un aditivo seguro sin límites de consumo diario, por lo que es ampliamente utilizado a nivel industrial, es un polímero usado en la elaboración de medicamentos al ser inocuo y de origen natural. Además es usado como vehículo de distintos medicamentos para realizar su liberación controlada, sin embargo, no puede ser administrada directamente al torrente sanguíneo debido a su elevado peso molecular, por lo cual, es importante despolimerizar las pectinas mediante procesos físicos, químicos o enzimáticos, para formar oligosacáridos para ser absorbidos en el intestino delgado (Muñoz, 2015, p. 6).

Se han evidenciado múltiples aplicaciones a nivel de la industria farmacéutica como (Silva et al. 2018, p. 180):

- Se usa como ingrediente para elaborar antidiarreicos o desintoxicantes.
- Algunos medicamentos se encapsulan con una película de pectina protegiendo la mucosa gástrica.
- Se usan como agentes absorbentes de lipoproteínas
- Útil como membranas biopoliméricas de tipo cicatrizante.
- La pectina puede reducir la intolerancia a la glucosa en pacientes diabéticos.
- Ayuda en la inhibición potencial de la metástasis y el cáncer.
- Inhibe el crecimiento del cáncer prostático.
- Se usa como ingrediente en productos nutracéuticos para combatir algunos tipos de cáncer.

- Agente estabilizante en emulsiones.

2.2.6. *Demanda de la pectina en Ecuador*

En el Ecuador aún no existen registros sobre alguna empresa dedicada a la producción de la pectina, sin embargo, existen datos de importación por parte de varias empresas que comercializan este polisacárido y otras que lo utilizan en el proceso de elaboración de productos en la industria. A continuación, se encuentran ciertas empresas ecuatorianas alimentarias dedicadas a la importación de pectina (Patiño 2021, p. 33):

- TONI S. A.
- Resiquim
- IMPROLAC
- Ecuajugos
- Plastiquim
- Alpina

2.2.7. *Emulsiones*

Una emulsión es un sistema heterogéneo que está formado por dos líquidos inmiscibles, de los cuales uno está disperso en el seno del otro, formando especies de finas gotas o glóbulos. En este grupo, se encuentran las cremas, que se definen como emulsiones líquidas viscosas o semisólidas, básicamente se distinguen dos tipos: emulsiones de aceite en agua y emulsiones de agua en aceite (Lui 2018, p. 4).

Tabla 6-2: Diferencias entre emulsiones

Aceite en agua (O/W)	Agua en aceite (W/O)
Agua es el medio de dispersión	Aceite es el medio de dispersión
Aceite es la fase dispersa	Agua es la fase dispersa
No tienen textura grasa	Tienen textura grasa
Se limpian con facilidad	No se limpian con facilidad
Producen un efecto refrescante	Previenen que se evapore la humedad
Tienen conductividad positiva	Tienen conductividad negativa
Son la elección en emulsiones de uso interno	Son la elección en emulsiones de uso externo

Fuente: Lui, Daniel, 2019.

Realizado por: Soria, E, 2022.

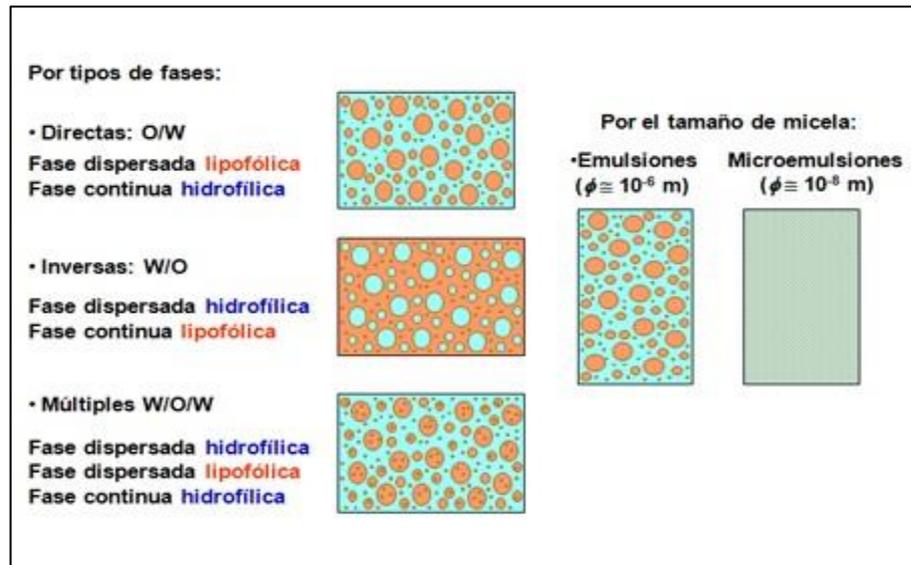


Ilustración 8-2. Representación de los tipos de emulsiones.

Fuente: Sanz, Sonia, 2017.

Los componentes de las emulsiones son los siguiente (Sanz, 2017, p. 1):

- Sustancia activa
- Fase acuosa
- Fase oleosa
- Agente emulsificante
- Conservadores
- Esencias
- Agente hidratante
- Colorante
- Otros

Donde los tres componentes principales son (Lui 2018, p. 4):

- Fase dispersa: que puede ser agua o aceite, sirve como vehículo
- Fase continua: que es donde se dispersa las gotas
- Agente emulsificante/estabilizante: disminuye la tensión superficial y evita la coalescencia dando estabilidad física a la emulsión.

2.2.7.1. Calidad de las emulsiones

Para garantizar la calidad de la emulsión se toman en cuenta los siguientes análisis (Fernández 2017, p. 6):

- Propiedades reológicas
- Análisis de estabilidad física y química
- Análisis microbiológico

- Análisis físico: color, brillo

2.2.7.2. *Emulsiones elaboradas con pectina*

La pectina cítrica es un polisacárido usado ampliamente como agente espesante, estabilizante coloidal y gelificante. Para el desarrollo de una emulsión estabilizada en su viscosidad, es importante tomar en cuenta la viscosidad, la movilidad electroforética y el tamaño de partícula, donde el exceso de ionización no es un parámetro útil para la estabilización, generalmente se preparan las emulsiones a pH de 3, con parámetros controlados de carga eléctrica y propiedades reológicas manteniendo radios hidrodinámicos estables (Robledo, 2017, p. 298).

Las emulsiones preparadas con pectinas pueden presentar incluso mayor estabilidad que las preparadas con tween 20, debido a un incremento en la viscosidad de la fase continua en las emulsiones aceite en agua o/w de la emulsión, gracias al grado de metilesterificación de las pectinas de alto metoxilo (Chamorro 2019, p. 27).

2.2.8. *Pectina en cremas*

A nivel de la industria cosmética, se ha utilizado la pectina en diversas formulaciones faciales como cremas, lociones, geles o tónicos, por sus propiedades estabilizantes y suavizantes (Silva et al. 2018, p. 181).

La pectina tiene en su composición ácido α -1-4 d-galacturónico y ciertos azúcares neutros, los cuales son seguros para su uso en cosméticos. A nivel general tiene cuatro funciones principalmente (Belkheiri et al. 2021, p. 19):

- Unión de componentes
- Estabiliza las emulsiones
- Controla la viscosidad
- Aporta suavidad

En el caso de cremas faciales, la pectina es utilizada debido a que posee las siguientes características (Cargill, 2021, p.1):

- Forma películas
- Aporta fluidez y es amigable con la piel
- Estabiliza la emulsión
- Es estable en medio ácido y neutro
- Tiene propiedades reológicas que permite controlar la viscosidad
- Tiene alta velocidad de disolución
- Presenta buena solubilidad
- Agrega valor al producto por su origen natural y saludable

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Lugar de investigación

El presente trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de: productos naturales, tecnología farmacéutica, investigación, química analítica e instrumental de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH).

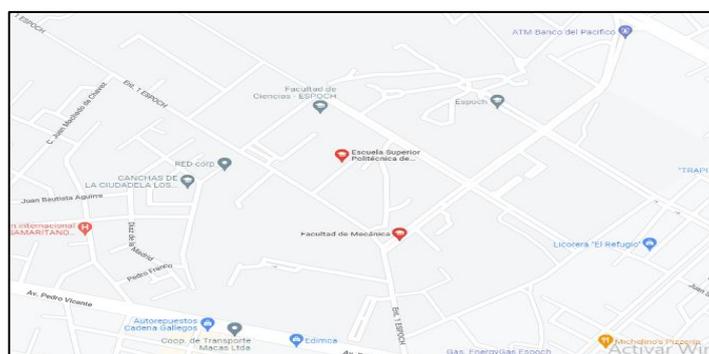


Ilustración 1-3. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Fuente: Google Maps, 2022.

3.2. Tipo y diseño de la investigación

La investigación fue de tipo cuantitativa, con diseño experimental, debido a que es un tipo de estudio en el cual se requiere evaluar o examinar el comportamiento de fenómenos, mediante la manipulación de una o varias variables bajo condiciones controladas. En esta investigación se realizó a nivel de laboratorio la obtención de pectina a partir de residuos del limón mediante hidrólisis ácida, manipulando las variables pH, tiempo de extracción y temperatura de extracción.

3.3. Población de estudio

La población de estudio estuvo conformada por los residuos agrícolas de limón que se procesan a nivel de los restaurantes de la zona centro de la ciudad de Riobamba, al ser lugares que generan a diario este residuo orgánico.

3.4. Tamaño de la muestra

Para el tamaño de la muestra se realizó un muestreo no probabilístico a conveniencia, tomando

un tamaño experimental de 2 kilogramos de residuos del limón, al ser la cantidad que permitirá lograr los requerimientos de la investigación a nivel del laboratorio. Además, la muestra fue seleccionada en base a los criterios de inclusión y exclusión planteados. Para la realización del trabajo se tomó en consideración la metodología de un estudio sobre “Diseño de un proceso para la obtención de pectina de la corteza del limón de la variedad Tahiti” (Galeas 2015, p. 34).

Criterios de inclusión

- Residuos de limón de los restaurantes de la zona centro de la ciudad
- Limones de la variedad *Citrus limon*
- Limones maduros
- Cáscaras que no presenten moho, manchas o sustancias extrañas

Criterios de exclusión

- Residuos de limón de los restaurantes que se encuentren fuera de la zona centro de la ciudad
- Limones de otras variedades distintas a la de *Citrus limon*
- Cáscaras de limón manchadas, con moho, y con sustancias extrañas en la superficie

3.5. Diseño experimental

3.5.1. Identificación de variables

Variables independientes

- pH del medio de extracción
- Temperatura del medio de extracción
- Tiempo de extracción

Variable dependiente

- Porcentaje de rendimiento de la pectina

Tabla 1-3: Variables en cada etapa del proceso

ETAPA	VARIABLES
Lavado	Volumen de agua
Inactivación enzimática	Tiempo y temperatura de vapor de agua
Hidrólisis ácida	pH Tiempo Temperatura
Filtración	Tamaño del tamiz
Concentración	Volumen final y temperatura del vapor
Precipitación	Volumen del etanol
Secado	Temperatura del aire en la entrada

Fuente: Ramírez, C. Obtención de pectina a partir de cáscara de zanahoria. 2019.

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

3.5.2. Modelo del diseño experimental

Para el desarrollo de la investigación se trabajó con un diseño completamente al azar (DCA) con 2 repeticiones, tomando en cuenta tres variables para el experimento.

Tabla 2-3: Variables en el proceso de extracción de pectina

Variable	Parámetro	Valores
A	pH	1,5 y 3
B	Tiempo de extracción	60 min y 80 min
C	Temperatura	70°C y 80°C

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

Para determinar la cantidad de tratamientos se utilizó el modelo factorial 2A*2B*2C, obteniendo 8 tratamientos, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 3-3: Tratamientos aplicados en la obtención de pectina

Tratamientos	Ácido	pH	Tiempo	Temperatura	Repeticiones
1	Cítrico	1,5	60 min	70°C	2
2	Cítrico	1,5	60 min	80°C	2
3	Cítrico	1,5	80 min	70°C	2
4	Cítrico	1,5	80 min	80°C	2
5	Cítrico	3	60 min	70°C	2
6	Cítrico	3	60 min	80°C	2
7	Cítrico	3	80 min	70°C	2
8	Cítrico	3	80 min	80°C	2

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

Para realizar el procesamiento de datos se utilizó el programa estadístico SPSS mediante un análisis de varianza (ANOVA), para determinar la influencia de los parámetros como pH, tiempo de extracción y temperatura de extracción con el rendimiento químico.

3.5.3. Planteamiento de hipótesis

H₀: Las variables independientes (pH, tiempo y temperatura de extracción) no afecta significativamente al porcentaje de rendimiento químico de la pectina.

H₁: Las variables independientes (pH, tiempo y temperatura de extracción) afectan significativamente al porcentaje de rendimiento químico de la pectina.

3.5.4. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 4-3: Operacionalización de las variables de estudio

VARIABLES	CONCEPTO	INDICADORES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Variables independientes: pH del medio de extracción	Determina el grado de alcalinidad o acidez de una disolución	pH del agua acidulada	pH-metro
Temperatura del medio de extracción	Temperatura necesaria para realizar la extracción de la pectina.	Temperatura de hidrólisis	Termómetro
Tiempo de extracción	Es el tiempo necesario para realizar la extracción de la pectina.	Tiempo que tarda el proceso de hidrólisis	Cronómetro
Variable dependiente: Porcentaje de rendimiento	Determina el rendimiento de la pectina extraída en función de las materias primas utilizadas	El porcentaje de pectina extraída	Balance de masa

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

3.5.5. Matriz de consistencia de variables

Tabla 5-3: Matriz de consistencia de las variables de estudio

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
“Obtención de pectina a partir de residuos agrícolas de limón (<i>Citrus limon</i>) por el método de hidrólisis ácida y su aplicación en el área farmacéutica”	No existen a nivel nacional un gran número de estudio de extracción de pectina a partir del limón, además, no hay ninguna investigación sobre el uso de la pectina extraída de este cítrico en la elaboración de algún producto a nivel de la industria farmacéutica, en este caso en la formulación de una emulsión.	Obtener pectina a partir de residuos agrícolas de limón (<i>Citrus limon</i>) por el método de hidrólisis ácida y su aplicación en el área farmacéutica.	Las variables independientes (pH, tiempo y temperatura de extracción) afectan significativamente al porcentaje de rendimiento químico de la pectina.	VARIABLES Variables independientes: -pH del medio de extracción -Temperatura del medio de extracción -Tiempo de extracción Variable dependiente: Porcentaje de rendimiento	-Investigación experimental -Tipo: Cuantitativo - Técnica: método de extracción por hidrólisis ácida - Instrumento: balanza, pH-metro, shaker, cronómetro, estufa.

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

3.6. Materiales, reactivos y equipos

3.6.1. *Materiales*

- Vasos de precipitación
- Matraz Erlenmeyer
- Bureta
- Embudo
- Malla #80
- Balones de aforo
- Pipeta
- Mortero
- Embudo Büchner
- Kitasato
- Varilla de agitación
- Cajas Petri
- Crisol
- Capsula de porcelana
- Espátula
- Pinza
- Soporte universal
- Papel filtro

3.6.2. *Reactivos*

- $C_7H_8O_7$
- NaOH
- HCl
- C_2H_5OH 96%
- NaCl
- $C_{20}H_{14}O_4$ (fenolftaleína)

3.6.3. *Equipos*

- Shaker
- Balanza analítica
- pH-metro

- Estufa
- Refractómetro
- Termómetro
- Espectrofotómetro
- Cámara de estabilidad
- Reverbero

3.7. Proceso de extracción de pectina por hidrólisis ácida

3.7.1. Diagrama general del proceso de extracción de pectina

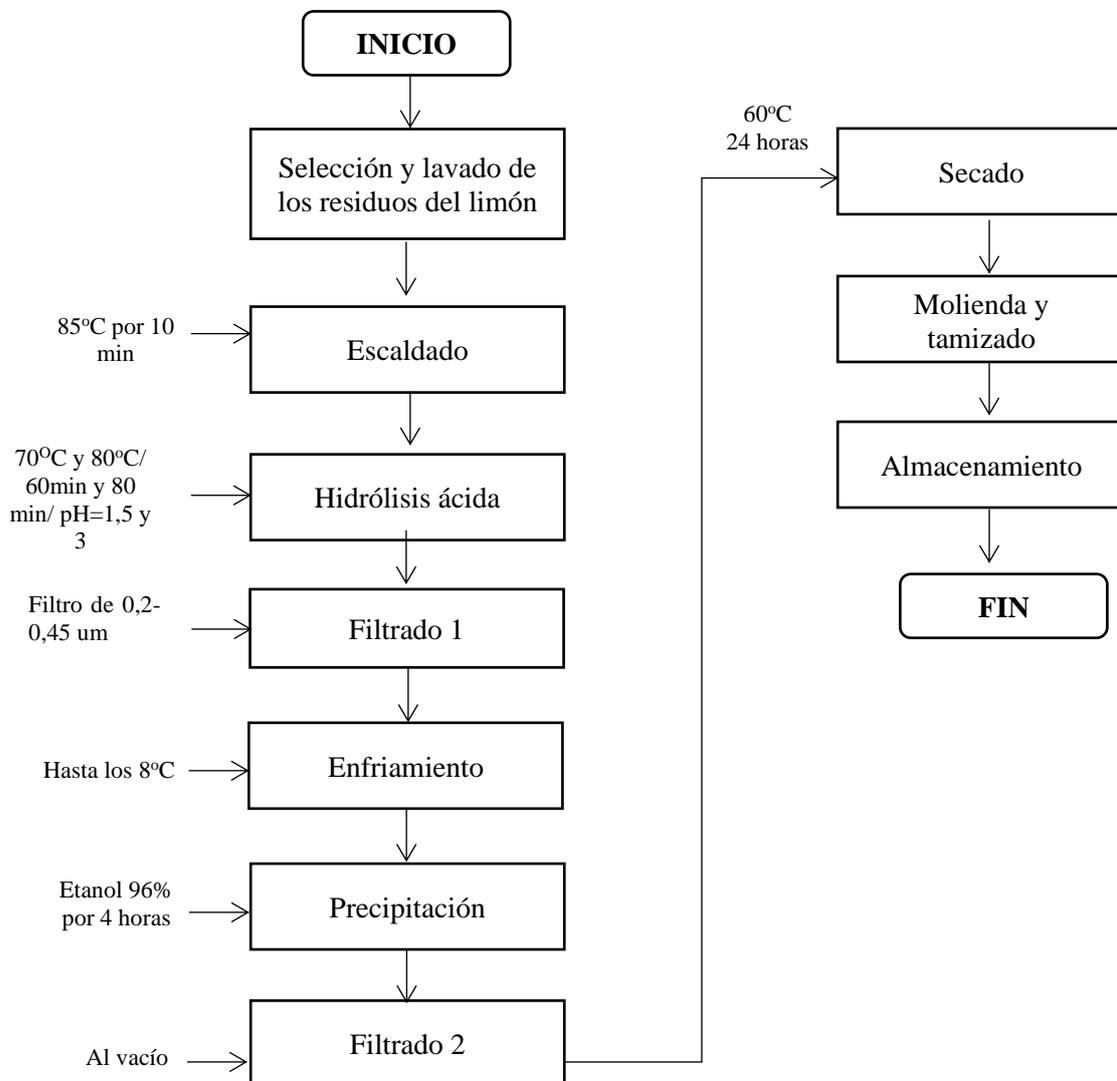


Ilustración 2-3. Proceso de obtención de pectina a partir de residuos orgánicos de limón

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

3.7.1.1. Selección y lavado de los residuos del limón

- Se seleccionaron los residuos del limón de la variedad *Citrus limon*, considerando que el fruto estuviera maduro, sin la presencia de manchas o lesiones en la corteza.
- El lavado se realizó con agua con el fin de eliminar cualquier impureza, se escurrió y se colocó sobre papel absorbente para su posterior análisis.

3.7.1.2. Escaldado

- Los residuos se colocaron en vasos de precipitación.
- Los residuos fueron sometidos por 10 minutos al proceso de escaldado utilizando agua destilada, haciendo la relación (5gr de residuo: 10 ml de agua), por lo cual, al tener una muestra de 2 kilogramos se utilizó 4 litros de agua en estado de ebullición.
- Luego se realizó un lavado para reducir los azúcares hasta obtener 0° Brix.

3.7.1.3. Hidrólisis ácida

- Se realizó el proceso de hidrólisis ácida utilizando ácido cítrico para el agua acidula
- Se utilizó el equipo Shaker para controlar el tiempo y temperatura de extracción en este estudio.
- Se trabajó bajo las siguientes condiciones:

Tabla 6-3: Condiciones del proceso de hidrólisis ácida

Condiciones	Ácido	Cítrico	Cítrico	Cítrico	Cítrico
	pH	1,5	1,5	3	3
	Temperatura	70°C	80°C	70°C	80°C
	Tiempo	60 min	80 min	60 min	80 min

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

3.7.1.4. Filtrado 1

- El proceso de filtración se realizó para separar los residuos de la corteza a través de una tela colocada sobre un embudo de filtración.
- Se aplicó presión para poder expulsar el líquido retenido.

3.7.1.5. Enfriamiento

- El extracto se enfrió colocándolo en un recipiente con hielo, para disminuir la temperatura.

3.7.1.6. *Precipitación*

- Para el proceso de coagulación se agregó el doble de cantidad de etanol al 96% respecto a la cantidad del filtrado, debido que la pectina precipita en presencia de alcoholes.
- Se dejó en reposo 4 horas, para lograr que el coágulo alcance mayor estabilidad.

3.7.1.7. *Filtrado 2*

- Después de haber dejado la pectina en reposo, se realizó la filtración utilizando una bomba al vacío, un Kitasato, un embudo büncher y un papel filtro con el objetivo de separar la pectina en forma de gel del medio líquido.

3.7.1.8. *Secado*

- El precipitado fue colocado en cajas Petri
- Se colocó en una estufa a una temperatura de 60°C por 24 horas, con el fin de obtener un valor constante en el peso de las muestras.

3.7.1.9. *Molienda y tamizado*

- La pectina fue reducida de tamaño en un mortero con pistilo.
- Luego se realizó el tamizaje para poder homogeneizar el tamaño de las partículas. Se siguió la recomendación de utilizar una malla de tamiz #80, para realizar una adecuada caracterización de la pectina obtenida (Patín 2018, p. 55).

3.7.1.10. *Almacenamiento*

- El almacenamiento de la pectina se realizó en fundas ziploc con cierre hermético, con el fin de proteger las muestras de la contaminación externa y la humedad.

3.7.2. *Cálculo del rendimiento*

Para la determinación del porcentaje de rendimiento de pectina, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{cantidad de pectina obtenida}}{\text{cantidad de residuo de limón al ingreso}} * 100 \quad (\text{Ec.1})$$

3.8. Caracterización de la pectina extraída

Para realizar la caracterización de la pectina a nivel laboratorio se realizaron los siguientes análisis físicos químicos.

3.8.1. Análisis de pectina por espectrofotometría infrarroja

Para analizar la pectina obtenida por espectrofotometría infrarroja se siguió el siguiente procedimiento:

- Se limpio la base del lector del espectrofotómetro y se colocó una pequeña muestra de la pectina obtenida por hidrólisis ácida
- Se analizaron los grupos funcionales del espectro para compararlos con bibliografía

3.8.2. Humedad

Para determinar la humedad se utilizó el proceso de la AOAC.925.10, en base a la pérdida de peso de una muestra que se somete a calentamiento. Se siguió el siguiente procedimiento (Patiño 2021, p. 56):

- Se pesó 1 gramo de muestra en una cápsula de porcelana
- Se colocó en la estufa y secar por 16 horas a una temperatura de 70°C
- Se colocó la cápsula en el desecador hasta alcanzar temperatura ambiente
- Se pesó la cápsula más la muestra seca y se aplicó la siguiente ecuación:

$$\%H = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100 \quad (\text{Ec.2})$$

Dónde:

m1= peso de la cápsula vacía

m2= peso de la cápsula más la muestra inicial

m3= peso de la cápsula más la muestra seca

3.8.3. Cenizas

Para determinar las cenizas se utilizó el proceso de la AOAC.923.03, para incinerar el material orgánico. Se siguió el siguiente procedimiento (Patiño 2021, p. 56):

- Se pesó 1 gramo de muestra en el crisol
- Se colocó en la mufla y secar por 4 horas a una temperatura de 600°C
- Se colocó el crisol en el desecador hasta alcanzar temperatura ambiente
- Se pesó el crisol con la muestra seca y se aplicó la siguiente ecuación:

$$\%C = \frac{p3-p1}{p2-p1} * 100 \quad (\text{Ec.3})$$

Dónde:

m1= peso del crisol vacío

m2= peso del crisol más la muestra inicial

m3= peso del crisol más las cenizas

3.8.4. *Peso equivalente*

Se determinó el peso equivalente utilizando el método de titulación ácido base de Schultz con hidróxido de sodio (NaOH) a una concentración de 0,1 N (valorante) y 0,1 g de la pectina extraída (analito). Se siguió el siguiente procedimiento (Patiño 2021, p. 56):

- Se preparó 250 ml de NaOH 0,1 N
- Se preparó una solución de pectina al 1%
- Se colocó 10 ml de la solución de pectina en un erlenmeyer y se añadió 4 gotas de fenolftaleína
- Se agitó la solución
- Se realizó la titulación con NaOH hasta alcanzar un pH de 7,5 o hasta tener una coloración rosa
- Se realizó el cálculo utilizando la siguiente ecuación:

$$PE = \frac{mg \text{ de componente ácido}}{mEq \text{ de NaOH}} \quad (\text{Ec.4})$$

3.8.5. *Acidez libre*

Se determinó el peso equivalente utilizando el método de titulación ácido base de Schultz con hidróxido de sodio (NaOH) a una concentración de 0,1 N (valorante) y 0,1 g de la pectina extraída (analito). Se siguió el siguiente procedimiento (Patiño 2021, p. 56):

- Se preparó 250 ml de NaOH 0,1 N
- Se preparó una solución de pectina al 1%
- Se colocó 10 ml de la solución de pectina en un erlenmeyer y se añadió 4 gotas de fenolftaleína
- Se agitó la solución
- Se realizó la titulación con NaOH hasta viraje de color (coloración rosa)
- Se realizó el cálculo con la siguiente ecuación

$$AL = \frac{mEq \text{ de NaOH}}{mg \text{ de componente ácido}} \quad (\text{Ec.5})$$

3.8.6. *Porcentaje de metoxilo*

Para realizar la determinación del porcentaje de metoxilo se usó la valoración ácido-base de Schultz y Schweiger al emplear la determinación de la acidez libre y el peso equivalente. Se siguió el siguiente procedimiento (Toapanta 2018, p. 23):

- Se tomó la solución resultante de la determinación de peso equivalente y acidez
- Se agregó 2 ml de NaOH a una concentración 0,5N por 15 minutos y se colocó en el agitador magnético a 300 rpm
- Se colocó 2 ml de HCl 0,5N y se agitó
- Se tituló con NaOH 0,1N hasta obtener una coloración marrón
- Se calculó el porcentaje de metoxilo con la siguiente ecuación:

$$\%Me = \frac{mEq NaOH * 31}{mg componente \acute{a}cido} * 100 \quad (Ec.6)$$

3.8.7. *Grado de esterificación*

Para determinar el grado de esterificación, se relacionó los mEq de NaOH (1) usados en la titulación del ensayo anterior del porcentaje de metoxilo y la suma del total entre los mEq usados en la titulación del peso equivalente (2) más los mEq de NaOH de la titulación del porcentaje de metoxilo (1). Se calculó mediante la siguiente ecuación (Toapanta 2018, p. 23):

$$\%Ge = \frac{mEq NaOH (1)}{mEq NaOH (2) + mEq NaOH (1)} * 100 \quad (Ec.7)$$

3.8.8. *Porcentaje de ácido anhidro galacturónico*

Para esta determinación se tomó en cuenta los mEq de NaOH utilizados en el cálculo del grado de esterificación y se aplicó la siguiente fórmula (Toapanta 2018, p. 23):

$$\%AAG = \frac{176 * (mEq NaOH (2) + mEq NaOH (1))}{mg componente \acute{a}cido} * 100 \quad (Ec.8)$$

3.9. *Aplicación de la pectina como estabilizante de una emulsión*

Para evaluar la aplicación de la pectina como estabilizante y emulgente en el área farmacéutica, se elaboró una crema, al ser una emulsión semisólida. Se utilizó ácido salicílico como principio activo con el fin de elaborar una crema antiacné.

3.9.1. Componentes de la crema

Tabla 7-3: Formulación de la crema

Componente	Cantidad
Glicerina	15 g
Monoestearato de glicerilo	10 g
Miristato de isopropilo	5 g
Ácido salicílico	2 g
Pectina	2 g
Propilenglicol	-
Agua	66g

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

3.9.2. Método de elaboración

- Se calentó el miristato de isopropilo y monoestearato de glicerilo a 70°C en baño maría.
- Se disolvió la glicerina en agua y calentó a una temperatura de 70°C.
- En la fase acuosa se disolvió la pectina
- Se mezcló la fracción acuosa sobre la fracción oleosa.
- Se agitó y se dejó enfriar la emulsión.
- Se pulverizó el ácido salicílico y se añadió el propilenglicol para formar una pasta
- Se incorporó a la emulsión en pequeñas fracciones mezclando hasta homogeneidad
- Finalmente se envasó la crema.

3.9.3. Control de calidad de la emulsión

3.9.3.1. Análisis organoléptico

Se realizó la evaluación organoléptica de la crema, realizando pruebas de:

- Olor: se impregnó un papel filtro sobre la muestra y se percibió el aroma.
- Color: se extendió una pequeña cantidad de la crema sobre una placa de vidrio, evaluando que el color estuviera adecuadamente distribuido.
- Homogeneidad: se extendió una pequeña cantidad de la crema sobre una placa de vidrio, visualizando que no presente alguna pigmentación extraña o fisuras.

3.9.3.2. pH

- Se calibró el pH-metro con buffer de pH 7.
- Se colocó 10 ml de la muestra de la crema en un vaso de precipitación.
- Se midió el pH de la muestra.

3.9.3.3. Tipo o signo de emulsión mediante el método de azul de metileno

- Se colocó una gota de la crema en una placa de vidrio.
- Se añadió una gota de azul de metileno y se observó.
- Interpretación: si el azul de metileno se dispersa es una emulsión aceite/agua (O/W), caso contrario es una emulsión agua en aceite (W/O).

3.9.3.4. Ensayo de estabilidad

Consiste en someter a una muestra de la emulsión a condiciones extremas para evidenciar posibles cambios físicos, organolépticos y químicos, en zonas climáticas IV se sugiere una temperatura $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa $75\% \pm 5\%$.

- Las muestras preparadas fueron colocadas en una cámara de estabilidad a $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $75\% \pm 5\%$ de humedad relativa durante 15 días
- Se evaluó el color, pH, tipo o signo de emulsión y apariencia

3.9.3.5. Determinación de extensibilidad

- Colocar un portaobjetos sobre una hoja de papel milimetrado previamente trazado diagonales
- En el punto de intersección colocar la muestra
- Pesar la placa superior y dejar por un minuto sobre la muestra
- Agregar pesos sucesivos en intervalos de tiempo y anotar los valores de los diámetros
- Calcular el área de extensibilidad

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Extracción de pectina por hidrólisis ácida y evaluación del rendimiento químico

Para la obtención de la pectina a partir de residuos de limón a través del método de hidrólisis ácida, se trabajó con tres variables: tiempo, temperatura y pH, con el fin de determinar la incidencia de estos factores en el rendimiento químico de la muestra. Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Tabla 1-4: Rendimiento químico de la pectina obtenida a partir de residuos del limón

Tratamiento	Repetición	Cantidad de pectina (gramos)	Rendimiento %
1	1	6,40	5,12
	2	6,57	5,25
2	1	8,93	7,14
	2	9,01	7,21
3	1	7,21	5,77
	2	6,78	5,42
4	1	9,63	7,70
	2	9,81	7,85
5	1	5,23	4,18
	2	5,36	4,29
6	1	5,03	4,02
	2	5,98	7,78
7	1	4,61	3,69
	2	4,75	3,80
8	1	5,12	4,10
	2	5,47	4,38

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

Al evaluar el rendimiento químico obtenido con los ocho tratamientos durante el proceso de obtención de pectina mediante hidrólisis ácida, se determinó que los tratamientos 2 y 4 presentaron el mayor porcentaje de rendimiento.

Con el tratamiento 2 cuyas condiciones fueron un pH de 1,5 y temperatura 80°C por 60 minutos, se alcanzó un rendimiento de 7,14% y 7,21%, mientras que, con el tratamiento 4 con condiciones de pH 1,5 y temperatura 80°C por 80 minutos se logró el mayor rendimiento con 7,70% y 7,85%. Es importante destacar que en los dos tratamientos se trabajó con el mismo pH y temperatura, sin embargo, al variar el tiempo se observó que, incrementaba el porcentaje de rendimiento químico. Además, para la obtención de la pectina se utilizó todo el residuo del limón tanto el bagazo como

la corteza, para aprovechar su composición química, debido a que posee una gran cantidad de componentes bioactivos como vitamina C, aminoácidos, compuestos fenólicos, flavonoides, cumarinas y antocianina, convirtiendo a esta fruta en un alimento funcional que previene enfermedades crónicas y aporta grandes beneficios a la salud (Porras 2018, p. 65).

Un estudio sobre extracción de pectina a partir de cáscara de limón francés, determinó que, al realizar el proceso de hidrólisis ácida bajo condiciones como pH 1,3 y temperatura de 87°C, se alcanzó un rendimiento del 42%, debido a que, la disminución de pH y las elevadas temperaturas entre 85-90°C, producen un incremento en el rendimiento químico debido a la hidrólisis de los enlaces de la protopectina, además, se estima que en la corteza de limón el porcentaje de pectina puede variar de 10,5-52% (Baltazar 2018,p.81).

Con los resultados obtenidos se puede observar que el porcentaje de rendimiento químico es bajo respecto a otros estudios, sin embargo, puede deberse a que se trabajó en un rango de temperatura de 70-80°C, ya que era la temperatura máxima que soportaba el equipo y como se mencionó anteriormente, a menor pH y mayor temperatura incrementa el porcentaje de rendimiento.

4.2. Análisis estadístico del rendimiento químico de la pectina

Se realizó un ANOVA para determinar la influencia de los parámetros como pH, tiempo de extracción y temperatura de extracción de la pectina, obteniendo los siguientes resultados.

4.2.1. Influencia de pH en la extracción de pectina

H₀= El valor de pH no influye significativamente en el rendimiento químico de la pectina obtenida a partir de residuos orgánicos de limón.

H_a= El valor de pH influye significativamente en el rendimiento químico de la pectina obtenida a partir de residuos orgánicos de limón.

Tabla 2-4: Análisis de varianza de la influencia del pH de extracción

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	11,858 ^a	1	11,858	16,143	,007
Intersección	217,570	1	217,570	296,178	,000
pH	11,858	1	11,858	16,143	,007
Error	4,408	6	,735		
Total	233,836	8			
Total corregida	16,266	7			

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

Al tener un valor de p de 0,007 menor a 0,05, se acepta la hipótesis alternativa, es decir, el pH sí influye significativamente en el porcentaje del rendimiento químico de la pectina.

4.2.2. Influencia del tiempo en la extracción de pectina

H₀= La variación del tiempo de extracción no influye significativamente en el rendimiento químico de la pectina obtenida a partir de residuos orgánicos de limón.

H_a= La variación del tiempo de extracción influye significativamente en el rendimiento químico de la pectina obtenida a partir de residuos orgánicos de limón.

Tabla 3-4: Análisis de varianza de la influencia del tiempo de extracción

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,080 ^a	1	,080	,030	,869
Intersección tiempo	217,570	1	217,570	80,651	,000
Error	16,186	6	2,698		
Total	233,836	8			
Total corregida	16,266	7			

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

Al tener un valor de p de 0,869 mayor a 0,05, se acepta la hipótesis nula, es decir, el tiempo de extracción no influye significativamente en el porcentaje del rendimiento químico de la pectina.

4.2.3. Influencia de la Temperatura en la extracción de pectina

H₀= La variación de la temperatura de extracción no influye significativamente en el rendimiento químico de la pectina obtenida a partir de residuos orgánicos de limón.

H_a= La variación de la temperatura de extracción influye significativamente en el rendimiento químico de la pectina obtenida a partir de residuos orgánicos de limón.

Tabla 4-4: Análisis de varianza de la influencia de la temperatura de extracción

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2,205 ^a	1	2,205	,941	,370
Intersección temperatura	217,570	1	217,570	92,840	,000
Error	14,061	6	2,344		
Total	233,836	8			
Total corregida	16,266	7			

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

Al tener un valor de p de 0,370 mayor a 0,05, se acepta la hipótesis nula, es decir, la temperatura de extracción no influye significativamente en el porcentaje del rendimiento químico de la pectina.

4.3. Caracterización de la pectina mediante ensayos físico-químicos

La pectina de residuos agrícolas de limón presenta un aspecto de polvo fino de color blanco ligeramente amarillo. Para realizar la caracterización físico-química de la pectina se tomó la muestra procedente del tratamiento 4, donde se obtuvo el mayor rendimiento químico. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

4.3.1. Análisis físico químico de la pectina

Tabla 5-4: Ensayos físico-químicos en la pectina obtenida

Ensayo	Repetición	Valor	Promedio
Humedad	1	3,20%	3,20%
	2	3,20%	
Cenizas	1	1,50	1,49
	2	1,47	
Peso equivalente	1	1250 mg/mEq	1250 mg/mEq
	2	1250 mg/mEq	
Acidez libre	1	0,0008	0,0008 mEq/g
	2	0,0008	
Porcentaje de metoxilo	1	6,97%	6,90%
	2	6,82%	
Grado de esterificación	1	84,90%	84,75%
	2	84,61%	
Porcentaje de ácido anhidro galacturónico	1	93,28%	92,40%
	2	91,52%	

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

En la caracterización de la pectina se tomaron en cuenta parámetros fundamentales como humedad, cenizas, peso equivalente, acidez libre, porcentaje de metoxilo, grado de esterificación y porcentaje de ácido anhidro galacturónico.

La determinación de humedad y cenizas son importantes parámetros de calidad en las industrias farmacéuticas y alimentarias, ya que la humedad es la cantidad de agua impregnada en un cuerpo y el método se basa en la pérdida de peso por calentamiento, mientras que, las cenizas son un indicador de la cantidad total de minerales y residuos inorgánicos tras eliminar la materia orgánica (Patiño 2021, p. 55).

De acuerdo a un estudio sobre obtención de pectina de la corteza del limón Tahití, el índice de humedad debe ser inferior al 12% y las cenizas no deben sobrepasar el 1%, por lo cual se determinó que, el índice de humedad está dentro del rango requerido, mientras que las cenizas, presentaron un valor mayor, lo cual se pudo deber al proceso de precipitación en etanol al 96%, ya que el solvente no actúa de forma eficaz debido a la baja solubilidad de sustancias inorgánicas (Galeas 2017, p.80).

Otros parámetros importantes son el peso equivalente y la acidez libre, siendo el peso equivalente la relación entre el peso de la muestra y los miliequivalentes de hidróxido de sodio usados en la titulación, mientras que, la acidez libre son los carboxilos libres por gramo de muestra (Patiño 2021, p. 28).

Respecto al peso equivalente se obtuvo 1250 mg/mEq, un valor que se ajusta al rango normal, ya que es un valor bajo con respecto a la caracterización de limón Tahití, siendo este de $2456,450 \pm 339,486$ mg/mEq, este parámetro indica que no existe una elevada concentración de fragmentos piranosos de ácido galacturónico a nivel de la estructura de la pectina. El bajo nivel de acidez libre obtenido en la muestra de la pectina pudo deberse a que se trabajó con ácido cítrico (un ácido orgánico y débil) en el proceso de hidrólisis ácida (Patiño 2020, p.29).

Un estudio sobre el aislamiento y la caracterización de pectinas de algunas variedades de frutos cítricos, determinó la relación entre el pH con el peso equivalente y la acidez libre de modo que, a un pH menos ácido aumenta la acidez libre y disminuye el peso equivalente, obteniendo un proceso de extracción menos drástico (Ferreira 2017, p. 15).

El contenido de metoxilo se define al total de grupos carboxilos presentes en forma de éster metílicos (-COOCH₃) en la molécula de pectina; su contenido se relaciona directamente con su esterificación, de modo que se obtuvo un porcentaje de metoxilos de 6.90% y un promedio de grado de esterificación de 84,75%, por lo cual, al ser mayor al 50%, se categorizó a la pectina obtenida de residuos orgánicos de limón como una pectina de alto metoxilo, que además se caracteriza por tener un poder de gelificación rápido, es decir, esta pectina puede llegar a gelificar por completo en menos de cinco minutos (Ramírez, 2019, p. 23).

En cuanto al ácido anhidro galacturónico se obtuvo un valor promedio de 92,40%, mientras que el valor referencial es de mínimo 65%. Este parámetro está relacionado con la pureza de la pectina, debido a esto, al obtener un valor elevado en este análisis se considera que la pectina obtenida de residuos orgánicos de limón por medio de hidrólisis ácida, presenta una adecuada pureza al no existir presencia de contaminantes en la muestra (Toapanta, 2018, p.50).

En un estudio sobre la obtención de pectina de la corteza del limón aplicando procesos de membrana, en la variedad de limón Eureka obtuvieron un grado de esterificación de 76,50% y determinaron que a medida que el medio de extracción es menos ácido y las condiciones de aislamiento menos drásticas, disminuye el contenido de ácido anhidro galacturónico, por lo cual, es importante controlar las condiciones de extracción de la pectina (Stechina 2018, p. 14).

4.4. Comparación de las características de la pectina extraída por residuos orgánicos respecto a los parámetros de una pectina comercial según la USP y la FAO

4.4.1. Parámetros físico químicos

Para comprobar si la pectina se ajusta a los parámetros de calidad, se tomaron en consideración las especificaciones de la FAO y las farmacopeas, obteniendo los resultados que se presentan a continuación.

Tabla 6-4: Comparación de los parámetros de calidad de la pectina

Ensayo	Valor obtenido	Pectina comercial USP	Límite permitido (FAO)
Humedad	0,72%	10,81%	Max 12%
Cenizas	1,49%	1,34%	Max 2,5%
Peso equivalente	1250 mg/mEq	1070 mg/mEq	-
Porcentaje de metoxilo	6,90%	7,60%	Min 6,7%
Grado de esterificación	84,75%	72%	Min 60%
Porcentaje de ácido anhidro galacturónico	92,40%	66%	Min 65%

Realizado por: Soria, Erika, 2022

Al comparar los parámetros de calidad de la pectina obtenida a partir de residuos orgánicos de limón, se determinó que cumple con todos los lineamientos de la FAO y la USP, ajustándose de este modo a los estándares de calidad.

En el caso de la humedad se tuvo un valor 3,2%, al tener un bajo porcentaje de humedad se garantiza que exista menos riesgo de contaminación microbiana. En el caso del contenido de cenizas se obtuvo un valor mayor a la pectina comercial, por lo cual, puede existir un mayor contenido de materia orgánica debido a que se realizó la extracción de pectina a partir del limón, que es una fruta con alto contenido de minerales de vitaminas (Patiño 2021, p. 37). Sin embargo, se encuentra dentro de los parámetros de calidad de la Fao.

En el caso del porcentaje del grado de esterificación se obtuvo de igual forma, un valor mayor respecto a la pectina comercial, por lo cual, se puede considerar que la pectina obtenida por residuos agrícolas de limón tiene mayor poder gelificante, es decir, alcanzan su punto de gelificación en menor tiempo.

La pectina obtenida y tratada a partir de residuos de *Citrus limon* a pesar de poseer un bajo rendimiento químico es importante señalar que, es un producto con uso potencial a nivel de la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética, debido a las propiedades y parámetros de calidad que presenta, además de contribuir con el medio ambiente al aprovechar los residuos que se generan a diario en el país.

4.4.2. Análisis por espectrofotometría infrarroja

Para identificar la estructura de la pectina y evaluar los grupos funcionales más característicos se realizó un análisis por espectrofotometría infrarroja, determinando los picos prevalentes, la longitud de onda y el grupo funcional que corresponde en cada caso.

A continuación, se presenta el espectro de la pectina obtenida a partir de residuos orgánicos de limón.

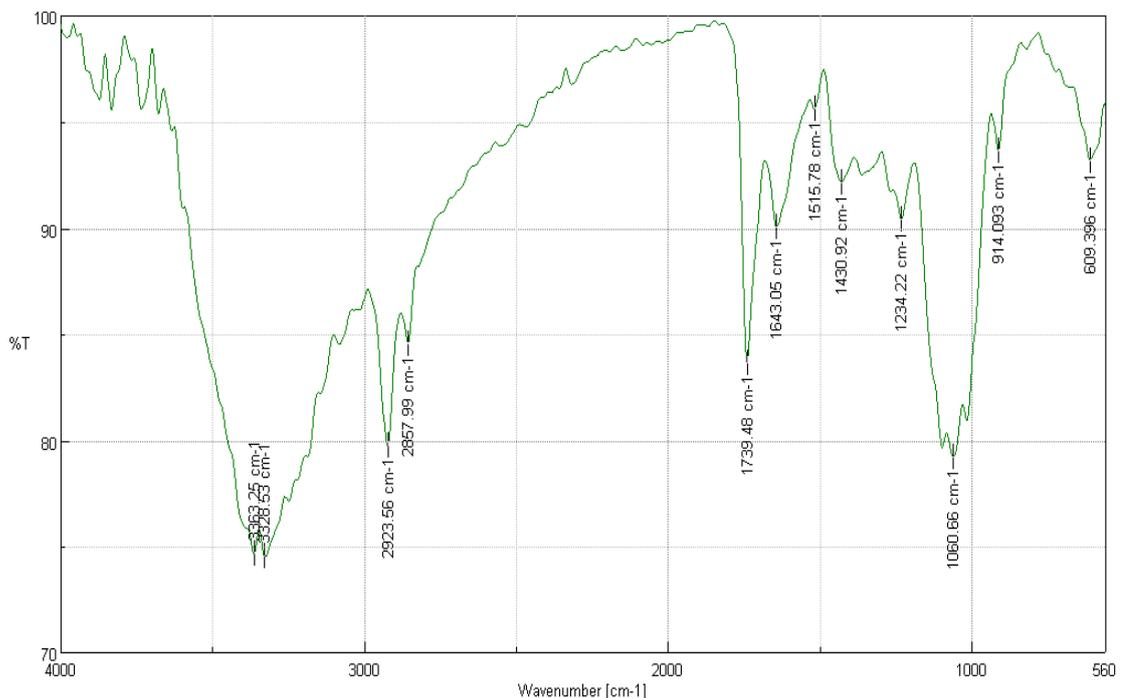


Ilustración 1-4. Espectro infrarrojo de la pectina

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

Tabla 7-4: Grupos funcionales en la pectina obtenida de residuos de limón

Longitud de onda	Unidad	Grupo funcional	Nombre
3363,25	cm ⁻¹	R-OH	Hidroxilo
3328,53	cm ⁻¹	R-OH	Hidroxilo
2857,99	cm ⁻¹	-CH ₃	Metilo
1739,48	cm ⁻¹	R-COO-R'	Éster
1643,05	cm ⁻¹	R-COOH	Ácido carboxilo
1515,78	cm ⁻¹	R-COOH	Ácido carboxilo
1430,92	cm ⁻¹	R-CO-O-R	Alquil éster
1234,22	cm ⁻¹	R-CO-O-R	Alquil éster
1060,66	cm ⁻¹	R-CO-O-CO-R	Anhidrido
914,09	cm ⁻¹	R-COOH	Ácido carboxilo

Realizado por: Soria, Erika, 2022

En la ilustración 1-4 se observan que los principales frecuencias y grupos funciones del espectro infrarrojo de la pectina obtenida a partir de residuos orgánicos de limón son las siguientes: 3363,25 cm⁻¹ y 3328,53 cm⁻¹ correspondiente al grupo hidroxilo (-OH), 1643,05 cm⁻¹, 1515,78 cm⁻¹ y 914,09 cm⁻¹ son los grupos carboxílicos libres (R-COOH), 1739,48 cm⁻¹ representan a los grupos carboxilo esterificados (R-COO-R') y 1060 cm⁻¹ grupos anhídros R-CO-O-CO-R. Es importante señalar que se evidenció ciertos grupos funcionales R-COO-H que son un indicativo de un medio ácido, lo cual concuerda ya que la extracción de pectina se realizó con un ácido orgánico como es el ácido cítrico.

Un estudio sobre la optimización del proceso de extracción de pectina de limón persa (*Citrus latifolia*) en Veracruz, determinó mediante el análisis de espectrofotometría infrarroja los principales grupos funcionales de la pectina para comprobar la identidad de la muestra. Entre los grupos funcionales destacaron los alcoholes (3382,51 cm⁻¹), radicales metilos (2869,5 cm⁻¹), grupos carboxilo (2869,5 cm⁻¹, 1621,64 cm⁻¹, 913,47 cm⁻¹ y 882,27 cm⁻¹) y ésteres (1748,12 cm⁻¹ y 1712,93 cm⁻¹). (Alatraste et al. 2017, p. 111).

También se realizó el análisis espectrofotométrico de la pectina comercial con el fin de realizar una comparación de los grupos funcionales, como se observa en la ilustración 2-4 presentada a continuación.

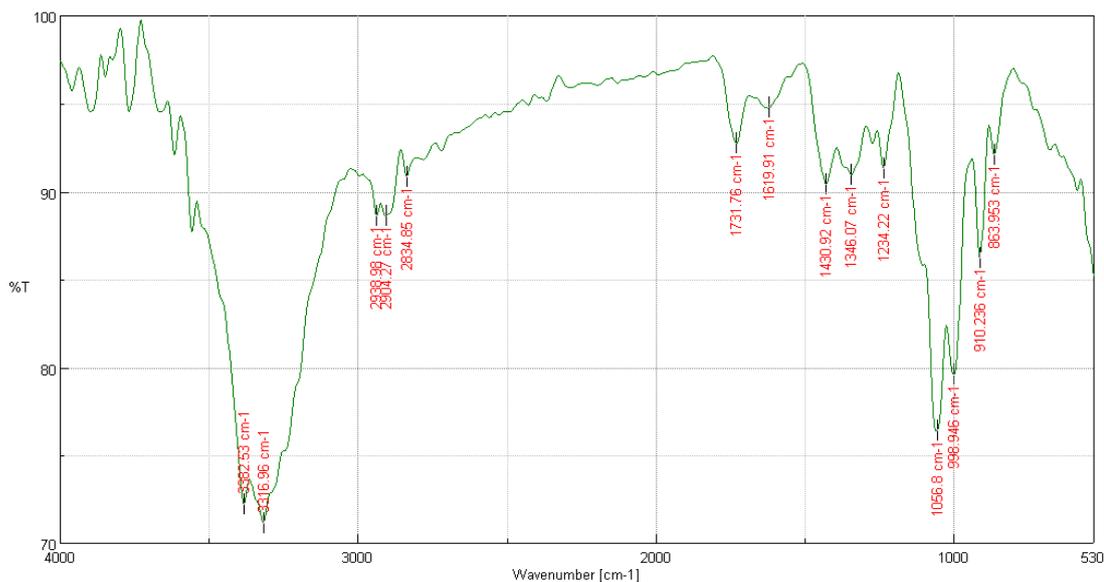


Ilustración 2-4. Espectro infrarrojo de la pectina comercial

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

Tabla 8-4: Grupos funcionales identificados en la pectina comercial

Longitud de onda	Unidad	Grupo funcional	Nombre
3382,53	cm ⁻¹	R-OH	Hidroxilo
3316,96	cm ⁻¹	R-OH	Hidroxilo
2834,85	cm ⁻¹	-CH ₃	Metilo
1737,76	cm ⁻¹	R-COO-R'	Éster
1619,91	cm ⁻¹	R-COOH	Ácido carboxilo
1430,92	cm ⁻¹	R-CO-O-R	Alquil éster
1234,22	cm ⁻¹	R-CO-O-R	Alquil éster
1056,80	cm ⁻¹	R-CO-O-CO-R	Anhídrido
998,94	cm ⁻¹	R-COOH	Ácido carboxilo
910,23	cm ⁻¹	R-COOH	Ácido carboxilo
883,95	cm ⁻¹	R-COOH	Ácido carboxilo

Realizado por: Soria, Erika, 2022

En la pectina comercial de igual forma se evidencia la presencia de grupos funcionales hidroxilo, carboxilos, metilos y ésteres. Con estos resultados se comprueba que la pectina obtenida a partir de residuos orgánicos de limón posee las mismas características a nivel químico que una pectina comercial.

Un estudio obtuvo resultados similares al evaluar la obtención de pectina a partir de pomarrosa, mediante el uso de hidrólisis ácida, donde se analizó por espectrofotometría infrarroja la pectina

obtenida con ácido cítrico, identificando grupos funcionales hidroxilo (3382 cm^{-1}), radical metilo (2869 cm^{-1}), ácidos carboxílicos (2869 cm^{-1} , 2949 cm^{-1} , 2550 cm^{-1}), ésteres (1712 cm^{-1} , 1214 cm^{-1}) y grupos anhídridos (1098 cm^{-1} y 1140 cm^{-1}), donde las bandas de particular importancia para la determinación del grado de esterificación son aquellas que aparecen alrededor de 1630 cm^{-1} y 1750 cm^{-1} , ya que se compara gráficamente el tamaño de la banda correspondiente al éster y al ácido (Patiño, 202, p.75).

4.5. Aplicación de la pectina como agente estabilizante de emulsión

Para comprobar el poder estabilizante de la pectina se elaboró una emulsión con utilidad farmacéutica, por lo cual, se formuló una crema antiacné con ácido salicílico al 2%.

El ácido salicílico tiene propiedades queratolíticas y queratoplásticas, además que a concentraciones de 1-5% se le atribuye propiedades bacteriostáticas y fungicidas, propiedades conservantes a pH 4-6, tiene afinidad por las grasas por lo que se mezcla con el material sebáceo del folículo piloso, ejerciendo un efecto seborregulador en el tratamiento del acné, se usa también en el tratamiento de dermatitis seborreica, ictiosis, psoriasis y dermatofitosis (AEMPS 2021, p. 265).



Ilustración 3-3. Elaboración de una emulsión farmacéutica

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

Tabla 9-4: Análisis de calidad de la crema de ácido salicílico

Ensayo	Valor obtenido
Olor	-
Color	Blanco
Aspecto	Homogéneo

pH	5,6
Tipo o signo	O/W

Realizado por: Soria, Erika, 2022

Se evaluó la calidad de la crema elaborada en base a ácido salicílico al 2%, determinando dentro de los parámetros organolépticos que no posee olor, su coloración es blanca y tiene aspecto homogéneo. El pH fue de 5.6 por lo cual es apta para la aplicación a nivel dérmico ya que debe tener un rango de pH entre 5,5 y 7. En cuanto al método de azul de metileno se dispersó el reactivo por lo cual se concluyó que era una emulsión de aceite en agua (O/W) donde la fase interna es oleosa y la fase externa es acuosa.

Una investigación obtuvo resultados similares al elaborar y realizar el control de calidad de una crema corporal hidratante a base de mucílagos y aromas naturales, determinando que, el análisis organoléptico de un producto es importante para evaluar las características como olor, color y aspecto.

Se obtuvo en el análisis una crema de color blanco, con aspecto homogéneo que permitió evidenciar la ausencia de partículas no disueltas en la emulsión, además, al determinar el pH se obtuvo 6,39 considerando que debe estar en un rango de 5,5-7 (Medina 2019, p. 94).

La crema se mantuvo compacta y con aspecto uniforme, por lo cual, se comprueba que la pectina es un buen agente estabilizante de formulaciones farmacéuticas, además al ser un componente natural no interfiere con la seguridad, funcionalidad y aceptabilidad del producto.

Un estudio sobre extracción de pectina de manzana y zanahoria para su uso en suspensiones y emulsiones cosméticas determinó que, una crema hidratante debe poseer aspecto viscoso, tener un olor característico, debe ser fácilmente extensible y el pH debe estar en un rango de 5,5 a 6, por lo cual, la crema a base de ácido acetyl salicílico cumple con estas especificaciones de calidad (Calderón 2016, p.56).

Para evaluar el poder estabilizante de la pectina obtenida en esta emulsión, se tomará en consideración que, al tratarse de una pectina de alto metoxilo tiene la capacidad de ser un buen estabilizante en las emulsiones, de modo que, la crema elaborada a base de pectina obtenida de residuos orgánicos de limón cumple con los parámetros de calidad a nivel organoléptico y físico químico.

4.5.1. Ensayo de estabilidad de la emulsión

Para realizar el ensayo de estabilidad de la crema se tomó en consideración las condiciones de las zonas climáticas IV, realizando el ensayo a una temperatura $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa $75\% \pm 5\%$ durante 15 días. A continuación, se presentan los siguientes resultados:

Tabla 10-4: Análisis de estabilidad y extensibilidad de la crema de ácido salicílico

Análisis		Formulación de crema de ácido salicílico	
		Día 3	Día 15
Signo de la emulsión	Azul de metileno	O/W	O/W
pH	4,5 – 5,9	5,4	5,6
Extensibilidad (mm^2) $AE = \pi(Diametro\ promedio)^2/4$	Peso 1: 8 g	160.21	176.71
	Peso 2: 10 g	290,36	314.16
	Peso 3: 12 g	425.25	490.87
	Amplia extensibilidad		
Análisis organoléptico	Color	Blanco	Blanco
	Impurezas	No se observó impurezas	No se observó impurezas
	Aspecto	Semisólido homogéneo	Semisólido homogéneo
	Sensación al tacto	Suave	Suave

Realizado por: Soria, Erika, 2022.

A los 15 días del análisis de estabilidad la crema de ácido salicílico conservó sus características de calidad, donde el signo permaneció constante, es decir no hubo coalescencia ni separación de fases, al ser una crema de aceite en agua. Se considera que, si una crema no es estable, formulada y conservada de forma adecuada, se pueden producir fenómenos como coalescencia, sedimentación y floculación a corto o largo plazo a causa de la inestabilidad e incompatibilidad entre bases emulsionantes y factores como temperatura de emulsificación y agitación irregular durante el proceso de elaboración (Quinapanta, 2021, p.32).

El pH de la crema es ideal para la piel, ya que se mantuvo dentro del rango permitido de 4,5 a 5,9 considerando que una piel grasa presenta pH de 4,9-5 y la piel seca de 5,7-5,9. Las cremas corporales deben mantener un pH ácido porque es un factor importante para mantener la adecuada homeostasis cutánea, además, permite un crecimiento óptimo de la flora de la piel, ya que bacterias patógenas crecen o proliferan en mayor medida a pH neutro (Urgiles 2019, p.62).

En cuanto a la extensibilidad se determinó que, la crema se mostró más fluida y con una amplia extensibilidad pudiendo deberse a que presenta en su composición más cantidad de agua y permite predecir si la crema va a ser más viscosa o fluida. La prueba de extensibilidad sirve para evaluar el incremento de superficie que experimenta cierta cantidad de emulsión, considerando que la crema debe tener una extensibilidad adecuada para que sea fácilmente absorbida al extenderse en la piel, sin causar daño por la fricción en la zona afectada (Quinapanta, 2021, p.40).

Respecto a la apariencia, la crema conservó su coloración blanca es decir no se produjo reacciones de oxidación que provoquen el cambio de color, no mostró impurezas y se mantuvo homogénea.

Además, con el ensayo de estabilidad es posible relacionar el color de la crema con el tamaño de las partículas, debido a que, el tamaño de las partículas de la fase dispersa condiciona o determina la apariencia de una emulsión y usualmente oscila entre 0,1 a 100 μm , por lo cual, si la emulsión tiene partículas de mayor tamaño presenta una apariencia opaca o blanca (Flores 2018, p.22).

Las emulsiones por lo general se envasan en frascos o recipientes opacos y se conservan a temperaturas inferiores a 30 °C y protegido de la humedad, por lo que en condiciones adecuadas la vida útil de la emulsión es de 6 meses (AEMPS 2021, p. 284).

CONCLUSIONES

- Se realizó la extracción de pectina a partir de residuos agrícolas de limón mediante hidrólisis ácida, en donde el mejor tratamiento corresponde a condiciones de pH 1,5, temperatura 80°C y por un tiempo de extracción de 80 minutos. Además, respecto al rendimiento químico se obtuvo 7,17% con el tratamiento 2 (pH de 1,5 y temperatura 80°C por 60 minutos) mientras que con el tratamiento 4 se obtuvo un porcentaje de rendimiento de 7,77%.
- En la caracterización de la pectina extraída de residuos de limón mediante ensayos fisicoquímicos se obtuvo valores dentro de los parámetros de calidad, donde, la humedad fue de 3,2%, cenizas 1,49, peso equivalente 1250 mg/mEq, acidez libre de 0,0008 mEq/g, porcentaje de metoxilo de 6,90 %, grado de esterificación de 84,75% y porcentaje de ácido anhidro galacturónico de 92,40%, además que presentó grupos funcionales similares a los de una pectina comercial.
- Al comparar las características de la pectina extraída por residuos orgánicos respecto a los parámetros de una pectina comercial según la FAO y USP, se evidenció que la pectina de residuos del limón presentó mayor porcentaje de cenizas y peso equivalente que la comercial, sin embargo, la humedad, porcentaje de metoxilos, grado de esterificación y porcentaje de ácido anhidro galacturónico cumplen con los estándares de calidad establecidos, por lo cual, se considera que la pectina no sólo cumple con las especificaciones, sino que tiene un uso potencial a nivel industrial, al tener un alto grado de pureza.
- La emulsión a base de ácido salicílico y pectina de limón como agente estabilizante mostró estabilidad física, consistencia y elasticidad, además, que cumplió con las características organolépticas como color, aspecto y un pH adecuado que garantizó su uso a nivel dérmico, por lo que se concluyó que la pectina de residuos de limón al ser de alto metoxilo tiene poder estabilizante y puede ser usada en formulaciones del área farmacéutica.

RECOMENDACIONES

- Al momento de realizar la selección de la materia prima es importante escoger únicamente los residuos de las frutas maduras que se encuentren en buen estado, con el fin de evitar la contaminación de las sustancias.
- Al emplear ácidos débiles (ácido cítrico) hay que considerar la constante de acidez ya que no se disocian completamente en agua por lo que se recomienda preparar la solución acidulada con anterioridad al proceso de hidrólisis.
- Es importante potenciar el uso de la pectina a nivel industrial al verificar que cumple con los estándares de calidad de la FAO y la USP.

BIBLIOGRAFÍA

AEMPS. *Formulario Nacional*. 2021, pp. 1-10.

AILIMPO. *Valor Nutricional De Los Limones*. Ailimpo [en línea] 2015, pp. 1-15. Disponible en: http://www.ailimpo.com/documentos/Valores_nutricionales_Limonos.pdf.

ALATRISTE, I et al. *Optimización del proceso de extracción de pectina de lima persa (Citrus latifolia tanaka) de la zona de Cuicláhuac, Veracruz*. [en línea]. 2017. S.l.: s.n. Disponible en: <file:///C:/Users/Hp/Downloads/Dialnet-CienciasAgropecuariasHandbook-561050.pdf>.

ÁVILA, E. *Extracción y caracterización de pectina a partir de residuos de cáscaras de piña (ananás comosus) por el método de hidrólisis ácida*. 2019, pp. 1-9.

BELKHEIRI, A et al. *Applied sciences Extraction , Characterization , and Applications of Pectins from*. *Applied Sciences Journal*, vol. 11, no. 14, 2021, pp. 1-25.

CHAMORRO, G. *Extracción y caracterización de pectinas de piel de lima y su uso como en agua* (Memoria de trabajo de Química). *Universitat de le Illes Balears*, 2019, pp. 1-30.

FERNÁNDEZ, M. *Tipos de Emulsiones*. *Universidad de Sevilla* [en línea], vol. 1, 2017, pp. 64. Disponible en: http://personal.us.es/mfarevalo/recursos/tec_far/emulsiones.pdf.

FERREIRA, S. *Pectinas: Aislamiento, Caracterización Y Producción a Partir De Frutas Tropicales Y De Los Residuos De Su Procesamiento Industrial* [en línea]. 2017, Disponible en: http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad_de_Ciencias/Publicaciones/Archivos_Libros/Libros_Farmacia/Pectinas/pectinas.pdf.

FLORES, R et al. *Optimización de las condiciones de extracción de pectina a partir de cáscara de limón francés (Citrus medica) utilizando la metodología de superficie de respuesta*. , vol. 2, 2016, pp. 147-154.

GALEAS, L *Diseño para un proceso para la obtención de la corteza del limón de la variedad Tahití (Citrus latifolia Tan.)*. [en línea] 2015, pp. 1-224. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11184/1/CD-6413.pdf>.

GALLEGOS, J.. *El limón*. 2017 pp. 1-6.

GARCÍA, B. *Estudio de mercado y prefactibilidad del cultivo de limon tahiti (citrus aurantifolia) en la provincia de Santa Elena.* 2017.

LUI, D. *Emulsiones.* *Pharmazeutische Technologie*, 2018, pp. 64-89.

MEDINA, M. *Elaboracion y control de calidad de una crema corporal hidratante a base de Mucilagos y aromas naturales.* *Biomédica* [en línea], vol. 31, no. sup3.2, 2019, pp. 1-134. Disponible en: <http://www.revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/530>.

MERO, K. *Análisis de la producción y comercialización del limón (Citrus aurantifolia) en la zona de Cerecita - Guayas.* *Universidad Agraria del Ecuador*, 2020, pp. 1-96.

MOLINA, J. *Acidfrut lactic.* 2018.

MUÑOZ, A. *Caracterización de pectinas industriales de cítricos y su aplicación como recubrimientos de fresas.* *Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC* [en línea] 2016, pp. 1-75. Disponible en: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/176559/1/LabradorTFMpectinasfresas.pdf>.

MUÑOZ, N. *Pectinas Caracterización Y Obtención/Tr Químicos Y Físicos.* 2015, pp. 2-11.

PATIÑO, T. *Optimización del proceso de obtención de pectina a partir de syzygium malaccense l. (pomarroza) mediante el uso de hidrólisis ácida.* 2021.

PLANAS, L. *Composición del nutricional del Limón.* *Frutas* [en línea] 2013, pp. 253-254. Disponible en: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/limon.pdf>.

PORRAS, I. *El limón y sus componentes bioactivos.* 2018.

RENTERÍA, J. *Procesamiento de frutas de maracuyá (Pasiflora edulis) para obtención de pectina.* *Repositorio de la Universidad Técnica de Machala* [en línea] 2015, pp. 1-55. Disponible en: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1045/7/CD309_TESIS.pdf.

RIVADENEIRA, M. y LOK, K. *Plan de negocios para el montaje de una empresa productora y comercializadora de pectina.* 2016, pp. 14-16.

ROBLEDO, J. *Propiedades de la pectina como agente emulsionante de aceite de uva.* *Amidq*

[en línea], vol. 53, no. 9, 2015, pp. 1689-1699. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11033-018-4296-3>.

ROMERO, N et al. *Utilización de un desecho de la producción de jugo de limón persa (citrus latifolia) en la obtención de pectina cítrica.* , no. January. 2014.

SALAZAR, A. y GAMBOA, A. *Importancia de las pectinas en la dinámica de la pared celular durante el desarrollo vegetal.* *REB. Revista de educación bioquímica*, vol. 32, no. 2, 2013, pp. 67-75.

SANZ OLMOS, S. *Determinación Del Signo De La Emulsión.* *Botplusweb* [en línea], 2017, pp. 1-9. Disponible en: <https://botplusweb.portalfarma.com/documentos/2017/4/11/114468.pdf>.

SILVA, N et al. *Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana.* *Ingeniería Industrial* [en línea], no. 26, 2018, pp. 175-199. Disponible en: <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=337428492010>.

STECHINA, D. *Estudios de obtención de pectina aplicando procesos de membrana.* 2018.

STECHINA, D et al. *Concentration of lemon pectin extract by ultrafiltration.* *Scientia agropecuaria*, vol. 3, 2012, pp. 193-199.

TOAPANTA, E. *Diseño de un proceso para la obtención de pectina en medio ácido a partir de la cáscara de papa (solanum tuberosum).* 2018.

VANEGAS, M. *Guía Técnica Cultivo Del Limón Pérsico. Programa Nacional de Frutas de El Salvador* [en línea] 2015, pp. 46. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B0217e/B0217e.pdf>.



ANEXOS

ANEXO A: PROCESO DE EXTRACCIÓN DE PECTINA POR HIDRÓLISIS ÁCIDA

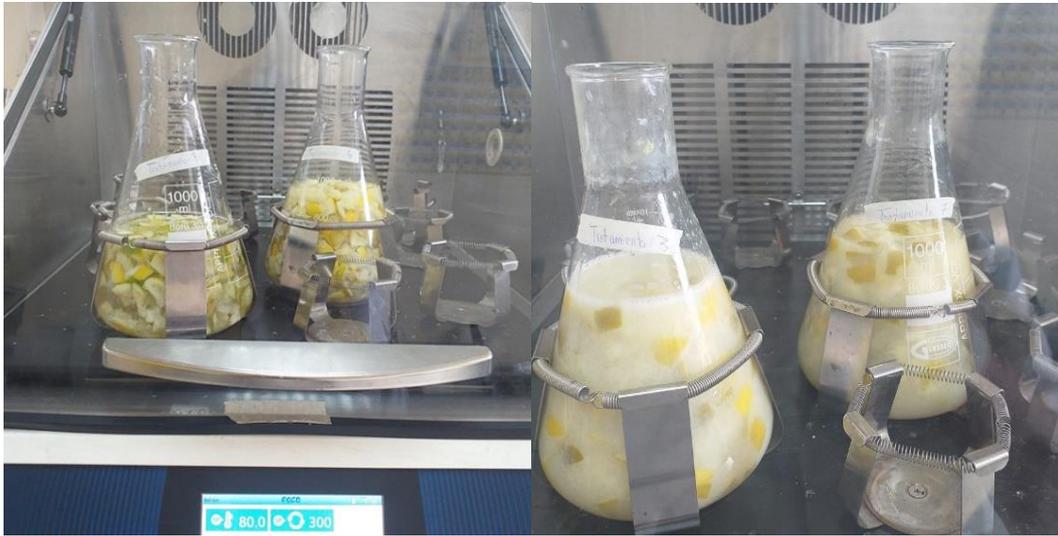
Pretatamiento



Escaldado y preparación de soluciones a pH 1.5 y 3



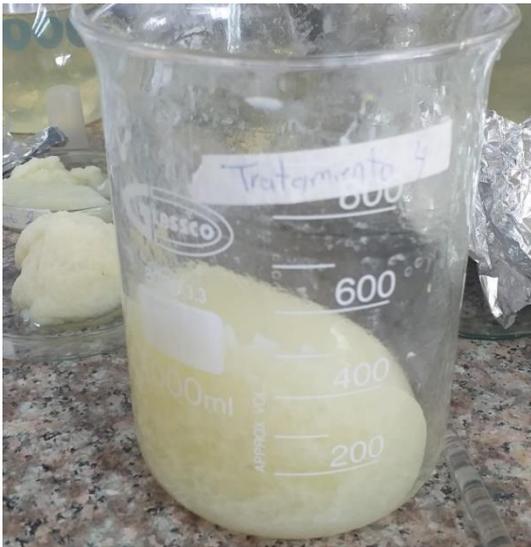
Hidrólisis ácida



Precipitación



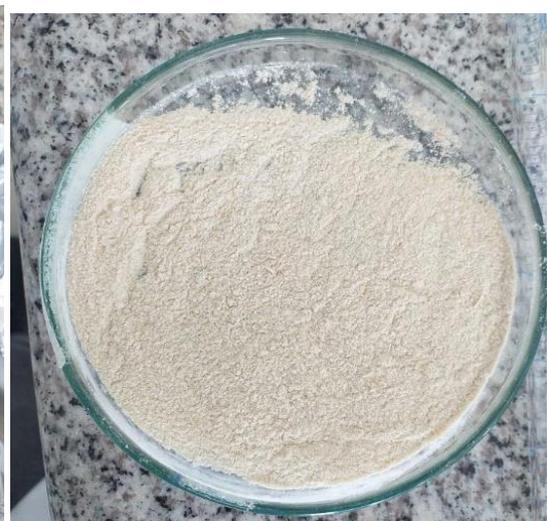
Filtrado 2



Secado



Molienda

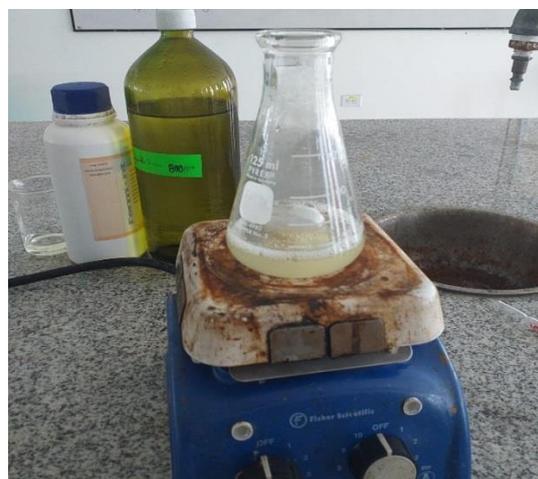


ANEXO B: CARACTERIZACIÓN DE LA PECTINA EXTRAÍDA

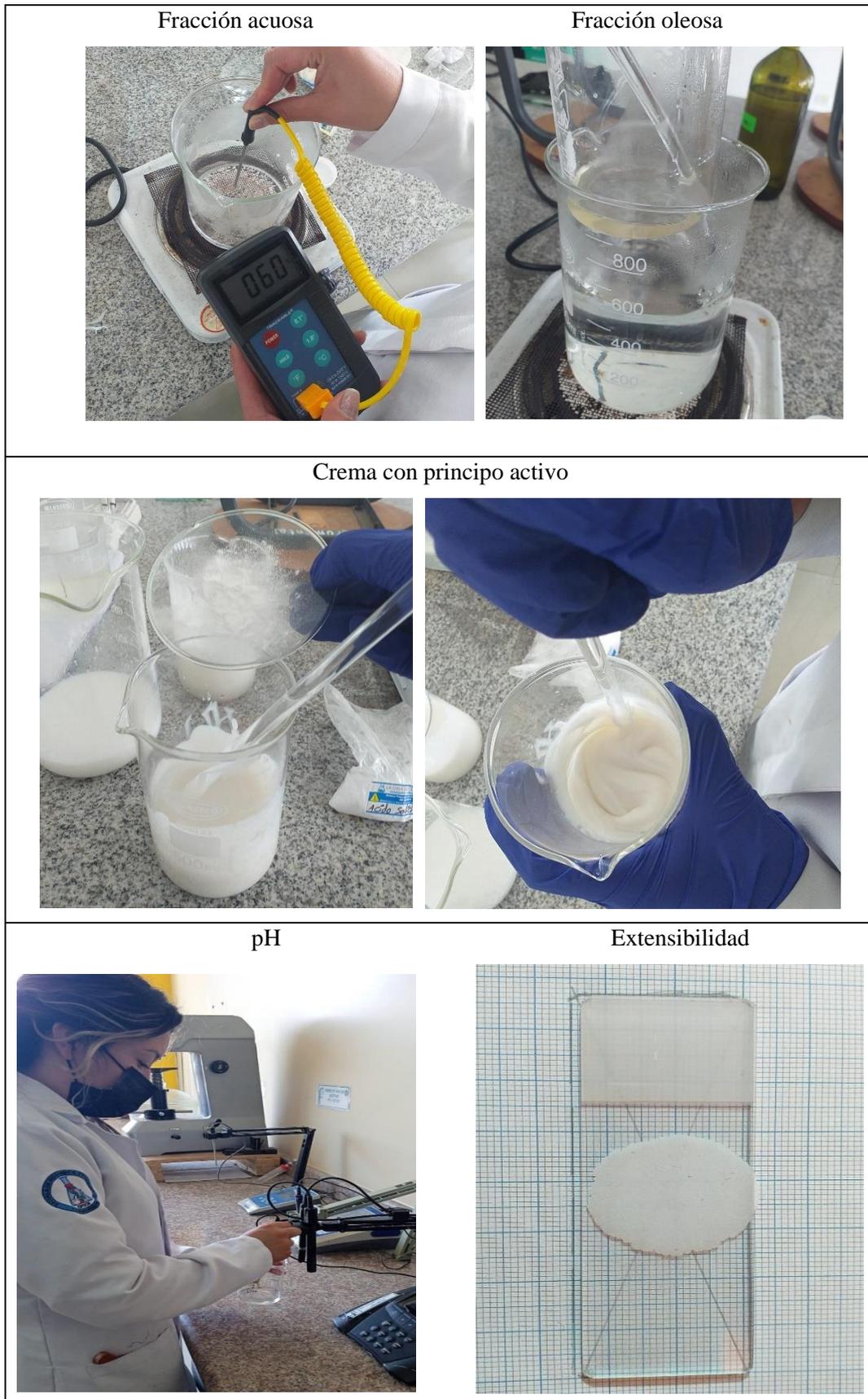
Cenizas



Titulaciones



ANEXO C: PREPARACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DE LA EMULSIÓN





epoch

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: 19 / 01 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Erika Cristina Soria Ilvay
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Bioquímica y Farmacia
Título a optar: Bioquímica Farmacéutica
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Saltos Hidalgo

0116-DBRA-UPT-2023