



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**OBTENCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE
RESIDUOS DE NARANJA (*Citrus sinensis*) POR EL MÉTODO DE
HIDRÓLISIS ÁCIDA Y SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA
ALIMENTICIA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

AUTOR:

JORGE DANIEL CAYAMBE CRIOLLO

Riobamba – Ecuador

2022



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

OBTENCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE
RESIDUOS DE NARANJA (*Citrus sinensis*) POR EL MÉTODO DE
HIDRÓLISIS ÁCIDA Y SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA
ALIMENTICIA

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

AUTOR: JORGE DANIEL CAYAMBE CRIOLLO

DIRECTORA: Ing. VIOLETA MARICELA DALGO FLORES, MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Jorge Daniel Cayambe Criollo

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, JORGE DANIEL CAYAMBE CRIOLLO, 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 resultados de este Trabajo de Integración Curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 09 de diciembre de 2022

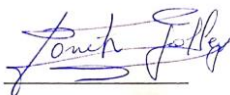
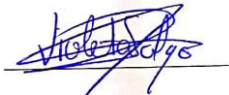



Jorge Daniel Cayambe Criollo

060470983-2

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 DE NARANJA (*Citrus sinensis*) POR EL MÉTODO DE HIDRÓLISIS ÁCIDA Y SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**, realizado por el señor: **JORGE DANIEL CAYAMBE CRIOLLO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros 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
Dra. Janeth María Gallegos Nuñez, PhD PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-12-09
Ing. Violeta Maricela Dalgo Flores, MSc. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-12-09
Dr. Carlos Pilamunga Capus, PhD. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-12-09

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios por brindarme salud, vida y por guiarme en cada paso que doy, por darme las fuerzas necesarias y ganas para cumplir cada una de las metas que me propongo. A mi madre María Juana Criollo, por ser el pilar fundamental en mi vida, por brindarme su apoyo, amor, cariño, confianza, gracias por siempre estar ahí dándome palabras de aliento para salir adelante y luchar por mis sueños. A mis hermanos Manuela, Martha, José, Roberto, David, Luz, Luis y Abrahan, por cada uno de los consejos y apoyo que me brindaron incondicionalmente en todo momento. Este trabajo les dedico con todo mi amor.

Jorge

AGRADECIMIENTO

Primero que nada, a Dios por ser parte fundamental e indispensable en mi vida, por guiarme en cada uno de mis decisiones que tomo y por todas las bendiciones que me regala. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por abrirme sus puertas y permitir formarme como persona y como profesional, brindándome la oportunidad de conocer excelentes y valiosas personas a lo largo de mi vida académica.

Jorge

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Justificación.....	4
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. <i>Objetivo general</i>.....	5
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>.....	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	6
2.2. Referencias teóricas.....	7
2.2.1. <i>Naranja (Citrus sinensis)</i>.....	7
2.2.1.1. <i>Varietades de naranjas cultivadas en el Ecuador</i>.....	8
2.2.1.2. <i>Distribución en Ecuador</i>.....	9
2.2.2. <i>Valor nutritivo</i>.....	9
2.2.3. <i>Composición nutricional</i>.....	10
2.2.4. <i>Pectina</i>.....	11
2.2.4.1. <i>Estructura de la pectina</i>.....	12
2.2.4.2. <i>Química de la pectina</i>.....	13
2.2.4.3. <i>Clasificación de la pectina</i>.....	14
2.2.4.4. <i>Propiedades de la pectina</i>.....	15
2.2.4.5. <i>Propiedades físicas</i>.....	16
2.2.4.6. <i>Propiedades químicas</i>.....	16

2.2.4.7.	<i>Propiedades fisicoquímicas</i>	16
2.2.4.8.	<i>Métodos de extracción de la pectina</i>	17
2.2.4.9.	<i>Pectina comercial</i>	19
2.2.4.10.	<i>Usos de la pectina</i>	19
2.3.	Industria alimentaria	19
2.3.1.	<i>Industria de alimentos y bebidas en Ecuador</i>	20
2.3.2.	<i>Industria alimentaria y el impacto ambiental</i>	20
2.4.	Aplicaciones de la pectina en la industria alimentaria	21
2.4.1.	<i>Mermeladas</i>	22
2.4.1.1.	<i>Tipos de mermeladas</i>	22
2.4.2.	<i>Helados</i>	22
2.4.3.	<i>Mayonesa</i>	23

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	24
3.1.	Lugar de investigación	24
3.2.	Tipo de investigación	24
3.3.	Población de estudio	25
3.4.	Tamaño de la muestra	25
3.5.	Criterios de inclusión y exclusión	25
3.5.1.	<i>Criterios de inclusión</i>	25
3.5.2.	<i>Criterios de exclusión</i>	25
3.6.	Materiales, reactivos y equipos	26
3.7.	Identificación de variables	27
3.7.1.	<i>Variable dependiente</i>	27
3.7.2.	<i>Variables independientes</i>	27
3.8.	Operacionalización de variables	27
3.9.	Diseño experimental	27
3.9.1.	Formulación de hipótesis	28
3.10.	Análisis estadístico	28
3.11.	Proceso de extracción de la pectina	28
3.11.1.	<i>Pre-tratamiento</i>	29
3.11.1.1.	<i>Recolección de muestras</i>	29
3.11.1.2.	<i>Lavado</i>	29
3.11.1.3.	<i>Secado</i>	29
3.11.1.4.	<i>Inactivación enzimática o escaldado</i>	29

3.11.2. Extracción	30
3.11.2.1. <i>Hidrólisis ácida</i>	30
3.11.2.2. <i>Filtrado</i>	30
3.11.2.3. <i>Homogenización</i>	30
3.11.2.4. <i>Precipitación</i>	31
3.11.2.5. <i>Filtrado 2</i>	31
3.11.2.6. <i>Secado</i>	31
3.12. Esquema del proceso de obtención de pectina	32
3.13. Caracterización físico-química de la pectina	32
3.13.1. <i>Rendimiento de la pectina</i>	32
3.13.2. <i>Humedad</i>	32
3.13.3. <i>Peso equivalente y acidez libre</i>	33
3.13.4. <i>Porcentaje de metoxilo</i>	33
3.13.5. <i>Grado de esterificación</i>	34
3.13.6. <i>Contenido del ácido anhidro galacturónico</i>	34
3.14. Aplicación de la pectina en la industria alimentaria	34
3.14.1. <i>Elaboración de mermelada con pectina como agente gelificante</i>	34
3.14.1.1. <i>Proceso de elaboración de la mermelada</i>	34
3.14.1.2. <i>Caracterización de la mermelada</i>	35
3.14.2. <i>Elaboración de helado con pectina como agente estabilizante</i>	36
3.14.2.1. <i>Proceso de elaboración del helado</i>	36
3.14.2.2. <i>Caracterización del helado</i>	36
3.14.3. <i>Elaboración de mayonesa con pectina como agente emulsificante</i>	38
3.14.3.1. <i>Proceso de elaboración de la mayonesa</i>	38
3.14.3.2. <i>Caracterización de la mayonesa</i>	38
3.15. Esquema de la caracterización física química de la pectina y productos finales .	39

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	40
4.1. Extracción de pectina por hidrólisis ácida y evaluación de rendimiento químico	40
4.1.1. Porcentaje de Rendimiento de la pectina	40
4.1.2. Análisis estadístico de la influencia de pH, tiempo y temperatura en extracción	42
4.1.2.1. <i>Influencia del pH de extracción</i>	42
4.1.2.2. <i>Influencia del tiempo de extracción</i>	43
4.1.2.3. <i>Influencia de la temperatura de extracción</i>	44
4.2. Propiedades físico químicos de la pectina extraída	44

4.3.	Aplicación de la pectina obtenida de residuos de naranja	46
4.3.1.	<i>Elaboración de mermelada con pectina como agente gelificante</i>	46
4.3.2.	<i>Elaboración de helado con pectina como agente estabilizante</i>	48
4.3.3.	Elaboración de mayonesa con pectina como agente emulsificante	49
	CONCLUSIONES.....	52
	RECOMENDACIONES.....	53
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Compuesto.....	10
Tabla 2-2:	Composición química de las partes de la naranja.....	11
Tabla 3-2:	Propiedades de la pectina comercial cítrica.....	19
Tabla 4-2:	Industrias con mayor aporte económico en Ecuador.....	20
Tabla 1-3:	Listado de materiales, equipos y reactivos utilizados.....	26
Tabla 2-3:	Operacionalización de variables.....	27
Tabla 3-3:	Condiciones de operación del proceso de hidrólisis ácida	30
Tabla 1-4:	Rendimiento de la pectina a partir de los ocho tratamientos.	40
Tabla 2-4:	Condiciones de tratamiento de la pectina con mayor rendimiento de la pectina41	
Tabla 3-4:	Análisis estadístico descriptivo de las variables en la extracción de pectina	42
Tabla 4-4:	Análisis estadístico descriptivo de la influencia del pH.....	42
Tabla 5-4:	Análisis ANOVA-FISHER del pH.....	43
Tabla 6-4:	Análisis estadístico descriptivo de la influencia del tiempo de extracción	43
Tabla 7-4:	Análisis ANOVA-FISHER del tiempo de extracción	43
Tabla 8-4:	Análisis estadístico descriptivo de la influencia de temperatura de extracción. 44	
Tabla 9-4:	Análisis ANOVA-FISHER del tiempo de extracción	44
Tabla 10-4:	Análisis físico químico de la pectina obtenida	45
Tabla 11-4:	Análisis físico químico de la mermelada de fresa	47
Tabla 12-4:	Análisis sensorial del helado	48
Tabla 13-4:	Análisis físico químico del helado	48
Tabla 14-4:	Análisis sensorial de la mayonesa	50
Tabla 15-4:	Análisis físico químico de la mayonesa	50

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Naranja (<i>Citrus sinensis</i>).....	8
Ilustración 2-2:	Interconexión de los componentes de la pared celular.....	12
Ilustración 3-2:	Estructura molecular básica de la Pectina	13
Ilustración 4-2:	Reacción de β -eliminación de la pectina.....	13
Ilustración 5-2:	Reacción de despolimerización regioselectiva.....	14
Ilustración 6-2:	Influencia del sector productivo en el ambiente.....	21
Ilustración 1-3:	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	24
Ilustración 2-3:	Proceso de la obtención de pectina a partir de residuos de naranja.....	32
Ilustración 3-3:	Caracterización física químico.	39

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos	1
FDA	Administración de Alimentos y Medicamentos	
CO ₂	Dióxido de carbono	
PME	Pectinmetilesterasa	
PG	Poligalacturonasa	
HM	Alto metoxilo	
HL	Bajo metoxilo	
FAO	Food and Agriculture Organization	
HCl	Ácido clorhídrico	
C ₆ H ₁₀ O ₇	Ácido galacturónico	
COOH	Grupo carboxilo	
COOCH ₃	Acido etanoico	
PMG	Polimetilgalacturonasa	
PME	Pectinmetil esterasa	
PE	Pectinesterasa	
PMGL	Polimetil-galacturonato	
PG	Poligalacturonasa	
PGL	Poligalacturonato	
HL	Alto metoxilo	
LM	Bajo metoxilo	
HMO	Hidrólisis asistida con microondas	
O/W	Agua/aceite	

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS DE RESIDUOS DE NARANJA
- ANEXO B:** LAVADO Y SECADO DE LOS RESIDUOS DE NARANJA
- ANEXO C:** PROCESO DE HIDRÓLISIS ÁCIDA
- ANEXO D:** SELECCIÓN DE LA PECTINA CON EL MEJOR RENDIMIENTO QUÍMICO
- ANEXO E:** CARACTERIZACIÓN DE ACIDEZ Y PESO EQUIVALENTE
- ANEXO F:** ELABORACIÓN Y ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LA MERMELADA
- ANEXO G:** ELABORACIÓN Y ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL HELADO
- ANEXO H:** ELABORACIÓN Y ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LA MAYONESA

RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo obtener pectina a partir de residuos de naranja (*Citrus sinensis*) por el método de hidrólisis ácida y su aplicación en el área alimenticia. Se realizó un estudio experimental de tipo cuantitativo - descriptivo, considerando como muestra los residuos de naranja que se generan en los restaurantes de la ciudadela La Cerámica, ubicado al norte de la ciudad de Riobamba. Para el análisis se realizó el tratamiento de los residuos de naranja, seguido de la extracción de pectina por hidrólisis ácida y se evaluó su aplicación mediante la elaboración de mermelada, helado y mayonesa. Como resultado se observó que el mejor tratamiento de extracción de pectina fue a pH 1,5, por 60 minutos y a una temperatura de 70°C, obteniendo un porcentaje de rendimiento de 5,59%. En el análisis físico-químico se obtuvo una humedad de 10,91%, acidez libre de 0,21, peso equivalente de 4190,22 mg/mEq, porcentaje de metoxilo de 7,10, grado de esterificación del 62% y porcentaje de ácido anhidro galacturónico de 68%. Se elaboraron tres productos con la pectina obtenida; como mermelada, helado y mayonesa comprobando las propiedades químico-físicas que la pectina de alto metoxilo presenta, por lo cual, los productos cumplieron con las normas de calidad a nivel organoléptico y físico químico. Se concluyó que la pectina se ajustó a los parámetros de calidad de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y se demostró su utilidad en el área alimenticia al ser una pectina de alto metoxilo que le confiere las propiedades emulsificante, estabilizante y gelificante. Se recomienda potenciar el uso de la pectina obtenida de residuos de naranja, al ser un producto de calidad y a la vez contribuir al medio ambiente con el uso de residuos orgánicos.

Palabras clave: <BIOQUÍMICA Y FARMACIA>, <PECTINA>, <NARANJA (*Citrus sinensis*)>, <HIDRÓLISIS ÁCIDA>, <ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO>, <INDUSTRIA ALIMENTARIA>.


0082-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

The main objective of this research study was to obtain pectin from orange residues (*Citrus sinensis*) by the acid hydrolysis method and its application in the food area. A quantitative-descriptive experimental study was carried out, considering as a sample the orange waste generated in the restaurants of the citadel La Cerámica located north of the city of Riobamba. For the analysis, the treatment of the orange residues was carried out, followed by the extraction of pectin by acid hydrolysis, and its application was evaluated through the preparation of jam, ice cream, and mayonnaise. As a result, it was observed that the best pectin extraction treatment was at pH 1.5, for 60 minutes and at a temperature of 70°C, obtaining a yield percentage of 5.59%. In the physical chemical analysis, a humidity of 10.91%, free acidity of 0.21, equivalent weight of 4190.22 mg/mEq, percentage of methoxyl of 7.10, degree of esterification of 62%, and percentage of 68% on galacturonic anhydrous acid. Three products were made with the pectin obtained; such as jam, ice cream, and mayonnaise, checking the chemical-physical properties that the high methoxyl pectin presents, therefore, the products complied with the quality standards at the organoleptic and physical-chemical level. It was concluded that the pectin adjusted to the quality parameters of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and its usefulness in the food area was demonstrated as it is a high methoxyl pectin that gives it emulsifying, stabilizing, and gelling properties. It is recommended to promote the use of pectin obtained from orange waste, as it is a quality product and at the same time contributes to the environment with the use of organic waste.

Keywords: <BIOCHEMISTRY AND PHARMACY>, <PECTIN>, <ORANGE (*Citrus sinensis*)>, <ACID HYDROLYSIS>, <CHEMICAL PHYSICAL ANALYSIS>, <FOOD INDUSTRY>.



Mgs. Evelyn Carolina Macias Silva

C.I 0603239070

INTRODUCCIÓN

El uso de la naranja (*Citrus sinensis*) en la industria alimenticia es diverso y muy cotizada por el consumidor está presente en forma de jugos, zumos, compotas, mermeladas, y otros. Esto se debe a la fuerte expansión agrícola en climas cálidos y tropicales, además es transportada a todos los centros de abastos del país, donde la accesibilidad para el ciudadano es muy fácil debido a que está presente en todas las zonas costeras del país, puesto que es una fruta presente en la dieta de los ecuatorianos por su alto valor nutricional y sus propiedades para el organismo, también se convierte en valiosa fuente de materias primas para la producción y obtención de la pectina, debido a que encuentra de manera natural en todos los vegetales y frutos. En nuestro país existen muchas variedades de naranjas para conseguir subproductos distintos del jugo, tales como: aceites esenciales, fertilizantes, concentrados y pectina.

La finalidad de este trabajo consiste en aprovechar los residuos de naranja que son generados a nivel de los establecimientos o restaurantes de ventas de comidas, donde el zumo de naranja es muy utilizada como fuente de bebida en el que se llegan a generar una gran cantidad de residuos de esta, el cual no es aprovechado de una forma adecuada, esto también causa problemas de contaminación del ecosistema por convertirse en una fuente de crecimiento idóneo para los insectos y escarabajos perjudicial para la salud humana.

Por lo tanto, es importante desarrollar un procedimiento adecuado a nivel de Laboratorio para la obtención de pectina, dando un uso adecuado de los residuos de naranja que son generados y hacer más rentable su utilización.

La pectina es utilizada en la industria farmacéutica en la elaboración de suspensiones, emulsiones, cosméticos, etc., y en la industria alimenticia como espesante en la elaboración de jaleas y mermeladas, en vinos como agente deshidratante para tejidos vegetales, en leche para precipitación de caseína.

La extracción de la pectina se realizará a partir de los residuos de naranja de la variedad *Citrus sinensis* mediante una hidrólisis ácida en el que las variables pH, tiempo y temperatura de extracción influirán para la obtención con mayor rendimiento.

El presente estudio consta de cuatro capítulos distribuidos de la siguiente manera:

El capítulo I incluye el planteamiento del problema donde se describe la situación de nuestro país Ecuador al no aprovechar a nivel agroindustrial los subproductos agrícolas como es el caso de los residuos de naranjas (*Citrus sinensis*) que son generados en gran escala a nivel de

restaurantes de venta de comidas, también se encuentran los objetivos que se pretende alcanzar mediante el desarrollo de la investigación del trabajo experimental y finalmente la justificación el motivo por el cual se está realizando.

El capítulo II en el que trata los antecedentes de la investigación, referencias teóricas donde abarca todos los conceptos necesarios acerca del tema planteado.

El capítulo III detalla la parte experimental del trabajo, es decir, todo lo que respecta al marco metodológico donde abarca el tipo de investigación, lugar, población, así como los materiales y procedimiento utilizados para llevar a cabo el estudio.

El capítulo III incluye los resultados del trabajo experimental donde indica las óptimas condiciones para obtener un mayor rendimiento de pectina y además los resultados de los análisis físicos-químicos realizados tanto a la pectina como a los productos elaborados (mermelada, helado y mayonesa).

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El Ecuador es un país que ha basado su producción a través de recursos primarios obtenidos directamente de la naturaleza, donde las actividades agrícolas han contribuido a generar capital para el país, sin embargo, no se ha realizado mayor inversión a nivel del sistemas agroindustrial, razón por la cual, los residuos de los frutos cítricos como naranja y limón han sido subproductos agrícolas poco apreciados (Viteri y Tapia 2018, p. 2).

La naranja es una de las frutas con mayor producción en el país, se considera que es un cultivo común en las zonas de clima tropical. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), el cultivo de este cítrico se concentra principalmente en las provincias de Bolívar y El Oro, abarcando alrededor de 6.529 hectáreas de terreno y generando alrededor de 22,607 toneladas métricas de naranja comercializadas a nivel nacional e internacional (INEC 2017, p. 10). En las fábricas de zumo de frutas, de cada tonelada de naranja, se transforma en zumo el 50% y el otro 50% es parte del subproducto o residuo. Actualmente a nivel mundial se produce 38.2 millones de toneladas de cítricos y de acuerdo a un estudio sobre “Residuos agroindustriales generados en Ecuador para la elaboración de bioplásticos”, se estimó la cantidad de residuos de naranja generados anualmente, dando un total de 5.131.660 toneladas que podrían ser aprovechadas por la industria (Riera 2019, p.235).

Las cáscaras de las frutas pueden ser ampliamente aprovechada debido a su contenido mínimo de sólidos totales, sin embargo, estos son considerados residuos y generalmente son desechados. Actualmente el desarrollo de la industria ha permitido implementar nuevas técnicas para el aprovechamiento de los subproductos o residuos para consumo humano, animal o su transformación a nivel industrial, constituyendo materia prima de bajo costo y su bajo impacto ambiental, sin embargo, este campo no ha sido del todo aprovechado por su valor desconocido y la falta de métodos apropiados para su caracterización y preparación (Vargas et al. 2019, p. 2).

De la cáscara de frutos cítricos como la naranja es posible extraer pectina, un polisacárido presente en todos los tejidos vegetales, sin embargo, su contenido varía según la especie y el método de extracción, pudiendo contener hasta un 25% de pectina. Se estima que la naranja es una de las frutas con un rendimiento aproximadamente del 20%, sin embargo, este porcentaje va en dependencia del tratamiento aplicado para la extracción (Zegada 2015, p. 65).

Según los registros del Banco Central de Ecuador, varios países de Sudamérica importan pectina, al no haber producción de este aditivo, donde México es el principal proveedor de Ecuador (Molina 2018, p. 19).

En la industria alimentaria se utiliza ampliamente la pectina por su poder gelificante y de absorción, siendo usada principalmente para modificar o crear textura en jaleas, compotas, salsas y mayonesa. En la industria láctea es usada para la elaboración de yogurt con bajo contenido en grasa, yogurt con frutas y en la industria de bebidas se utiliza para elaborar refrescos dietéticos con bajo contenido en carbohidratos, debido a su propiedad de incrementar la viscosidad y como estabilizante (Silva et al. 2015, p. 180).

En la obtención de pectina a nivel industrial se hace uso de ácidos fuertes de tipo inorgánico, como es el caso del ácido clorhídrico, ácido fosfórico, ácido nítrico, entre otros, los cuales son difíciles de recuperar y, además, generan un alto impacto en el medio ambiente y la salud. La extracción con ácidos de tipo orgánico como el ácido cítrico y ácido tartárico son una alternativa de bajo impacto y menor costo para extraer pectina, además, causan un menor impacto en el ecosistema (Patiño 2021, p. 3).

1.2. Justificación

La utilización de residuos para su transformación a nivel industrial ha incrementado en los últimos años porque involucran procesos a bajo costo y de bajo impacto ambiental, por lo cual, resulta de gran importancia proponer la producción de pectina a partir de residuos agrícolas para su aplicación a gran escala como aditivo alimenticio (gelificante, estabilizante y emulsificante) ya que no se produce en Ecuador.

El sector agroindustrial ha reportado mayor crecimiento en el país, con la producción de mermeladas y productos derivados de ciertas frutas tropicales o de verduras, utilizando a la pectina como agente estabilizante del pH, gelificante y coagulante natural. Por lo cual, la obtención de pectina a partir de la naranja es una alternativa potencial para la industria alimentaria (Silva et al. 2015, p. 180).

Considerando la alta demanda de este polisacárido, ha surgido la necesidad de desarrollar un procedimiento de bajo costo basado en el análisis experimental de laboratorio, que permita la obtención de pectina a partir de los residuos de naranja, siendo la hidrólisis ácida un método viable ya que permite obtener un producto con mayor rendimiento de extracción y que cumpla con los estándares de calidad de la FDA. Debido a la alta producción de naranja en varias

provincias del país, se considera que se cuenta con los recursos necesarios para llevar a cabo el proceso de extracción de pectina a partir de los residuos agrícolas de la naranja mediante hidrólisis ácida para su posterior aplicación en el área alimenticia, con el fin de generar un producto con altos estándares de calidad y que pueda ser utilizado a nivel industrial en el país.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Obtener pectina a partir de residuos de naranja (*Citrus sinensis*) por el método de hidrólisis ácida y caracterización fisicoquímica para su uso en la industria alimenticia.

1.3.2. Objetivos específicos

- Extraer pectina a partir de residuos de naranja mediante el método de hidrólisis ácida y evaluación del rendimiento químico.
- Evaluar las propiedades de la pectina extraída de residuos de naranja, mediante ensayos físico-químicos.
- Aplicar la pectina obtenida de residuos de naranja como agente gelificante, emulgente, y estabilizante para su utilización en el área alimenticia.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

La calidad y cantidad de pectina depende de la especie y tipo de fruta, estado de maduración, condiciones de manejo y proceso de extracción. El principal uso de este polisacárido a nivel de la industria alimentaria es como agente gelificante, estabilizante o viscosante para la fabricación de compotas y mermeladas (Ferreira 2015).

En China en el “Estudio de imagen de extracción de pectina de piel de naranja asistida por microondas” nos indica que el tiempo requerido para el proceso de extracción se reduce de 1 h de los métodos clásicos a 5 min por el método de microondas en virtud del proceso de desintegración por microondas (Zhongdong et al., 2006).

Un estudio realizado en Argentina sobre “Optimización de los procesos de obtención y concentración de pectina de naranja”, determinó que, el mejor rendimiento se obtiene con fruta fresca madura y para optimizar la concentración de la pectina, el método más efectivo es la ultrafiltración con secadero spray, obteniendo pectina de 32% de metoxilo, pudiendo ser utilizada para fabricar productos dietéticos (Bogdanoff 2015, p. 4).

En Paraguay, en el estudio denominado “Extracción de pectina de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas”, se utilizó cáscara y cascarilla de naranja para obtener pectina, a través de un método no convencional, obteniendo un rendimiento del 17,69%, con una esterificación de 73,34% y además, se determinó que utilizando la extracción asistida por microondas, el proceso de extracción tarda menos tiempo con un menor impacto al medio ambiente (Morales 2019).

Una investigación similar realizada en Bolivia, “Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas”, determinó que, los parámetros adecuados para la extracción de pectina son a pH de 2,17 con una proporción de solvente: materia prima 18:1 y utilizando extracción por microondas en períodos de 7 a 15 minutos. Con este proceso hay un ahorro de energía, empleando un tiempo corto, sin embargo debe efectuarse a condiciones controladas para no causar daño en la estructura de la cáscara de naranja (Zegada 2015).

En Colombia un estudio sobre la “Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de cáscara de naranja”, realizó un proceso que constó de diez etapas como acondicionamiento de la materia prima, incluyendo la extracción del aceite, el escaldado, extracción de la pectina, prensado, concentración, precipitación, purificación y finalmente el secado y la molienda, obteniendo una pectina con alto contenido de metoxilo, además, alto índice de cenizas y humedad debido a que la pectina es una sustancia higroscópica (Cerón & Cardona 2011, p. 1).

El estudio “Extracción de pectina a partir de cáscara de naranja criolla proveniente de la provincia de Rodríguez de Mendoza”, realizado en Perú, menciona que el método más conocido para obtener la pectina es la hidrólisis ácida, donde se obtiene un rendimiento del 15,6% al tratar la cáscara con agua acidulada con ácido clorhídrico, trabajando con una temperatura de 90°C y pH de 2, teniendo en cuenta que en la etapa de secado la temperatura no sobrepasara los 60°C, con el fin de evitar un pardeamiento no enzimático (Chávez 2015, p. 1).

En Ecuador se realizó una investigación sobre “Diseño de un proceso piloto de extracción de pectina como gelificante a partir de residuos de naranja”, obteniendo una pectina con alto grado de esterificación, utilizando el método de hidrólisis ácida a una temperatura entre 70-80°C, a un pH de 2 y por un tiempo de agitación de 75 minutos, dando finalmente un 20,4% de rendimiento de pectina (Almeida 2017, p. 11).

La gelatina es ampliamente utilizada en la industria alimentaria. En la investigación denominada “Determinación del poder gelificante de la pectina extraída de la cáscara de maracuyá para la elaboración de postres” en la ciudad de Riobamba, se extrajo la pectina con ácido cítrico, obteniendo un rendimiento del 14,09%, determinando que, 21 gramos de azúcar podía gelificar 1 gramo de pectina, llegando a los 65° Brix y en la elaboración de la mermelada mediante la adición del 1% de pectina se obtuvo un producto con una puntuación de 7,2 en rango de aceptación por la población (Rea 2015).

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Naranja (*Citrus sinensis*)

La naranja es una fruta dulce, pertenece al género *Citrus* de la familia de las Rutáceas con origen en el sureste de China, ha sido cultivada como árbol ornamental pero también en la obtención de fragancias. Una de sus características es que la pulpa está formada por varias vesículas llenas de jugo, tienen coloración anaranjada, el sabor varía desde el amargo hasta el

dulce, además cada una de sus partes comestibles son abundantes en vitamina C, flavonoides, y aceites esenciales (Campelo 2020, p. 12).

El árbol de la naranja tiene resistencia al frío, pero para su maduración requiere de temperaturas cálidas, a nivel general pueden crecer entre 10-40°C (Campelo 2020, p. 12).



Ilustración 1-2: Naranja (*Citrus sinensis*)

Fuente: Turismo, 2019, p. 1.

2.2.1.1. Variedades de naranjas cultivadas en el Ecuador

Las variedades de naranjas cultivadas en el Ecuador son: Valencia común, Valencia tardía, Valencia delta, Washington, Thompson, Naranja lima, Naranja pomelo y Naranja agria, donde la más consumida es la variedad de Valencia común debido a su gran aceptabilidad entre los consumidores y su alta composición de azúcares (Armas 2012, p. 4).

- Variedades comerciales

La naranja dulce es la fruta cítrica más conocida para su consumo y en la elaboración de zumos, donde la variedad más cultivada son (Armas 2012, p. 4).

- Valencia, tiene una mayor demanda a nivel mundial, de tamaño mediano, con una corteza un tanto gruesa, dura y de carácter coriácea, de todas las variedades comerciales es la de mayor adaptación climática (Armas 2012, p. 4).

- California, son grandes de corteza gruesa, esta se difieren del resto por poseer un fruto secundario rudimentario en la parte basal, contiene una cantidad moderada de jugo y, por lo general n, o posee semilla y no es muy recomendada para la industria de elaboración de zumos (Armas 2012, p. 4).
- Parson Brown, esta es cultivada en menor proporción en el país, tiene frutos globosos y compactos de corteza medianamente gruesa con una superficie rugosa, posee un buen contenido de jugo de muy buena calidad (Armas 2012, p. 6).
- Hamlin, sus frutos son pequeños, ovalados y de corteza gruesa donde sus árboles son relativamente pequeños y su maduración es temprana (Armas 2012, p. 6).

Existe una amplia variedad de naranjas como dulce, p ersica, valencia, agrias y ácidas. Las naranjas ácidas son utilizadas como ornamentales, en la elaboración de perfumes y aceites esenciales como el aceite de neroli de las flores (Armas 2012, p. 6).

2.2.1.2. Distribución en Ecuador

La producción de la naranja en Ecuador constituye uno de los 25 cultivos más relevantes en el país, ya que, cuando la planta cuenta con un adecuado manejo de cosecha puede llegar incluso a producir 15 mil naranjas anuales. La superficie de este cultivo es de alrededor de 55.953 hectáreas, sólo en la provincia de Bolívar es de unas 10.639 hectáreas, mientras que, en Caluma se cultivan aproximadamente 2.650 hectáreas, los que representa un alto porcentaje de producción a nivel nacional. En el año 2016, el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, hizo la entrega de unos 2400 kits de insumos a más de 2.000 productores, y alrededor de 9.000 plantas de naranja de las variedades más comercializadas para incentivar el cultivo (Campelo 2020, p. 4).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), se estima que, el cultivo de naranja abarcó unas 6 529 hectáreas de terreno el año pasado y como consecuencia se generó 22.607 toneladas métricas de esta fruta, vendiendo a nivel nacional alrededor de 21.016 (Moya 2016).

2.2.2. Valor nutritivo

La naranja es una fruta de escaso valor calórico y bajo contenido de grasa, posee fibra soluble, ácido ascórbico o vitamina C,  cido f lico, provitamina A, además compuestos bioactivos como los carotenoides con actividad provitam nica A y sin actividad provitam nica A como la luteína y la zeaxantina, terpenos, y citosinas ácidos orgánicos ( cido met lico y cítrico), son ricas en flavonoides (hesperidina, neoshesperidina, naringina, narirutina, tangeretina y nobiletina), al consumir en forma de zumo a este cítrico llega a variar en su carácter nutritivo ya que presentan

en menor proporción dichos compuestos y lo esencial es consumirla al instante en que es exprimido para evitar una pérdida de la vitamina C (Ávila et al. 2009, p. 8). Poseen carbohidratos como glucosa, fructosa, sacarosa y dentro de los polisacáridos la pectina donde este cítrico es considerado entre las frutas frescas de mayor valor nutritivo. La vitamina C es un antioxidante capaz de prevenir la formación de radicales libres, encargados de ocasionar deterioro celular (Beñatena, 2015, p.1).

2.2.3. Composición nutricional

Cada 100 g de porción comestible de la naranja contiene:

Tabla 1-2: Composición nutricional de la naranja.

COMPUESTO	CANTIDAD/100 gr.
Energía	42,00 kcal
Proteína	0,80 g
Carbohidratos	8,60 g
Fibra	2,00 g
Calcio	36,00 mg
Hierro	0,30 ug
Yodo	2,00 ug
Magnesio	12,00 mg
Zinc	0,18 mg
Sodio	3,00 mg
Potasio	200,00 mg
Fosforo	28,00 mg
Selenio	1,00 ug
Tiamina	0,10 mg
Riboflavina	0,03mg
Eq de niacina	0,30 mg
Vitamina B6	0,06 mg
Vitamina A	40,00 ug
Folato	37,00 ug
Vitamina C	50,00 mg

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

Fuente: Moreiras et al., 2015, p. 37.

La naranja es una fruta de escaso valor calórico y bajo contenido de grasa. En su composición también cabe destacar que es fuente de ácido ascórbico o vitamina C, una naranja de tamaño medio aporta 82 mg de vitamina C, siendo 60 mg la ingesta recomendada al día para este nutriente. Dentro de la composición de residuos agroindustriales de la naranja, se considera que

la cáscara está compuesta por 17% de pectina, 1,55% de grasa y 3,8% de azúcares neutrales, mientras que, las semillas tienen un 35,90% de aceite.

Tabla 2-2: Composición química de las partes de la naranja

COMPUESTO	CÁSCARA g/100 g	PORCIÓN COMESTIBLE g/100 g	JUGO g/100 g
Ácido cítrico	0,29	0,75	1,02
Cenizas	0,78	0,48	0,34
Grasa	0,23	0,30	0,29
Humedad	72,52	85,23	87,11
Proteínas	1,53	1,13	1,00
Azúcares reductores	5,56	4,69	4,99
Sacarosa	1,99	4,41	4,73
Total	7,55	9,10	9,72
SST	15,69	13,06	12,59
	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g
Ácido ascórbico	136,50	39,50	43,50
Biotina	0,05	0,01	Trazas
Calcio	161,00	36,70	9,50
Carotenoides	9,90	3,40	2,80
Hierro	0,80	0,80	0,30
Magnesio	22,20	11,50	11,30
Fósforo	20,80	21,80	19,50
Potasio	212,00	173,00	163,00
Pectina	17,00	-	-
Sodio	3,00	1,30	0,70
Azufre	21,00	11,50	8,50

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

Fuente: López, 2014, p. 25.

2.2.4. Pectina

El descubrimiento de la pectina tiene su origen en el año 1790 por Vauquelin en los jugos de frutas. Y en 1825 el químico francés Henri Braconnot la caracterizó al encontrar una sustancia en zumos de fruta que era soluble y ampliamente disponible en las plantas vivas con propiedad gelificante al añadirle ácido a su solución, dándole el nombre de "pectina ácida" (Pagan 2005, p.2).

La pectina es un polisacárido presente en el tejido de las frutas, de preferencia en cítricos y se caracteriza por presentar en su estructura molecular alrededor de 150 – 500 unidades de ácido

galacturónico con grupos carboxílicos parcialmente esterificado con un grupo metoxilo. En la naranja las sustancias pécticas son casi el 33% del albedo de esta fruta, además, son un coloide por excelencia ya que ayudan al desarrollo de la planta en las primeras etapas. Las características de este polisacárido dependen del grado de esterificación, el tamaño molecular y las sustancias que le acompañan, pudiendo formar un gel estable al interactuar con azúcar y ácido (Guerrero et al. 2015, p. 42).

Para conservar y mantener la estabilidad de la pectina es importante (Sosa 2018):

- Mantener en un lugar fresco y seco
- No colocar a temperaturas mayores a la ambiental
- El pH adecuado es 2,8-4,7
- Tiene poder gelificante

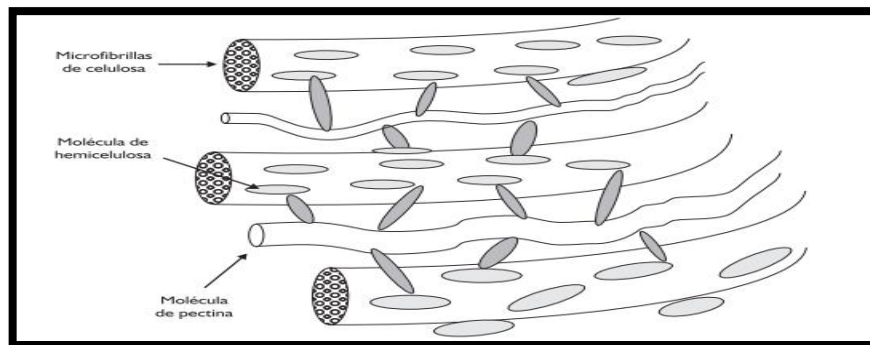


Ilustración 2-2: Interconexión de los componentes de la pared celular.

Fuente: Ferreira, S, 2017.

2.2.4.1. Estructura de la pectina

La pectina es un tipo de carbohidrato complejo, que tiene alrededor 65 % de unidades de ácido galacturónico con fórmula molecular $C_6H_{10}O_7$. Estas cadenas de pectina se forman por anillos de este ácido, el número es variable, cada anillo de esta cadena tiene un grupo carboxilo ($COOH$), el cual puede ser esterificado con metanol, produciendo así ésteres metílicos ($COOCH_3$), o a la vez ser neutralizados por una base.

La pectina es un conjunto de polisacáridos que se localizan en la pared celular de los frutos y son muy abundantes en las zonas no leñosas de las plantas, además, en la pared celular puede encontrar distintos carbohidratos como la hemicelulosa, celulosa y polisacáridos como la pectina (Patiño 2021, p.5).

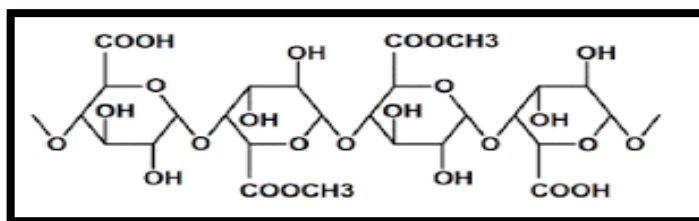


Ilustración 3-2: Estructura molecular básica de la Pectina

Fuente: Zegada, 2015, p. 2.

2.2.4.2. Química de la pectina

Dentro de las reacciones químicas más importantes de la pectina se encuentran los métodos de despolimerización de polisacáridos. Esta reacción está catalizada por bases o ácidos para eliminar los grupos acetilo, metoxilo y otros azúcares neutros. Dentro de las principales reacciones se encuentran:

- **Reacción de β -eliminación:** reacción donde la pectina puede escindirse de la cadena principal del polímero, a mayor temperatura mayor velocidad de reacción.

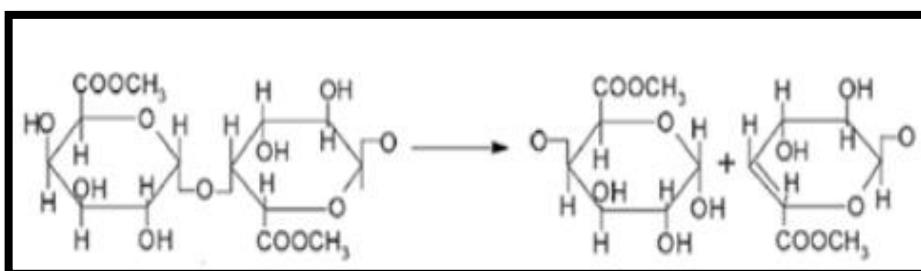


Ilustración 4-2: Reacción de β -eliminación de la pectina.

Fuente: Muñoz, N, 2015.

- **Reacción de despolimerización regioselectiva:** requiere de la actividad de diferentes tipos de pectinasas que son las enzimas que catalizan la hidrólisis de la pectina. Se puede observar la acción de las siguientes enzimas:

PMG: polimetilgalacturonasa

PE: pectinesterasa

PMGL: polimetil-galacturonato

PG: poligalacturonasa

PGL: poligalacturonato

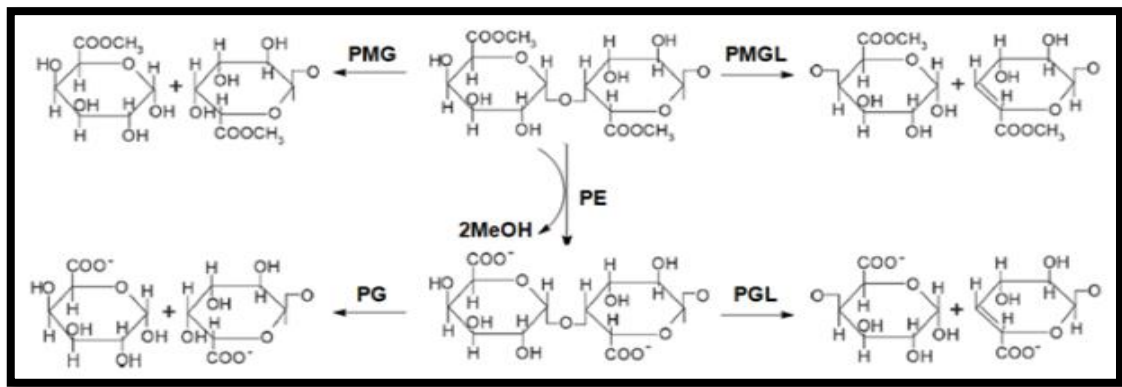


Ilustración 5-2: Reacción de despolimerización regioselectiva.

Fuente: Muñoz, N, 2015.

- Reacción de ácidos:** Los ácidos solubilizan la protopectina, por lo cual, se emplea medio ácido para la extracción de la pectina para acelerar la separación de los grupos metoxilos. Sin embargo, su efecto prolongado puede afectar o romper los enlaces glicosídicos 1-4 e incluso puede darse la decarboxilación formándose CO_2 y furfural (Ferreira 2017, p.12).
- Reacción de bases:** Al adicionar hidróxido de sodio se obtienen sales ácidas, pectinatos neutros y finalmente surge la demetoxilación, es decir el rompimiento de los ésteres metílicos. Incluso a bajas temperatura pueden romperse los enlaces glicosídicos si hay un pH superior a 5,5. Esta reacción se da cerca del grupo carboxilo esterificado, por lo cual, los pectatos son altamente estables a la degradación alcalina en comparación a los pectinatos (Ferreira 2017, p.12).
- Reacción de enzimas:** Sobre las pectinas actúan principalmente la pectinmetil esterasa (PME) y la poligalacturonasa (PG). La PMG ataca los grupos carboxilos esterificados, liberando los grupos ácidos y metanol, mientras que, la PG actúa en las uniones del ácido galacturónico, alterando a la vez las propiedades que dependen de estas características (Ferreira 2017, p.12).

2.2.4.3. Clasificación de la pectina

Considerando el grado de esterificación de las pectinas pueden ser de alto o de bajo metoxilo. Este grado de esterificación puede determinar el comportamiento de las pectinas frente su función como agente gelificante, las pectinas pueden formar geles en un medio ácido con una alta concentración de azúcar, conocidas como pectinas de alto grado de esterificación, mientras que, si interacciona con cationes de calcio son pectinas de bajo grado de esterificación; a nivel comercial, se derivan de desechos de frutas, de forma particular se hallan en subproductos de la manufactura de jugos (Meñaca 2017, p. 2).

Las pectinas pueden clasificarse de acuerdo al grado de esterificación en las siguientes (Sosa 2018, p.3):

a. HM o alto metoxilo son aquellas que tienen más del 50% de grupos metoxilo. Las pectinas de alto metoxilo al estar en solución acuosa pueden formar suspensiones de elevada viscosidad para formar geles cohesivos y fuertes. Se considera que a mayor concentración de sólidos solubles, mayor es la fuerza del gel (Sosa 2018, p.5).

b. LM o bajo metoxilo son aquellas que tienen menos del 50% de grupos metoxilo. Las pectinas de bajo metoxilo pueden ser de dos tipos las convencionales y las amidadas. Este tipo de pectinas tienen algunas condiciones de gelificación como (Sosa 2018, p.7):

- Forman geles con iones calcio
- Gelifican con valores bajos de sólidos solubles
- Gelifican en un rango de pH bastante amplio
- A mayor cantidad de calcio mayor fuerza del gel
- La presencia de azúcar en la solución puede reducir la cantidad de calcio

Las pectinas convencionales son aquellas que se obtienen por pectinas de alto metoxilo a través de procedimientos físico químicos, además forman geles térmicamente irreversibles, en cambio, las amidadas son termorreversibles, el calcio fortalece la dureza del gel, a menor pH se pueden obtener geles más fuertes y de acuerdo al tipo de pectina es posible obtener diferentes rangos de dureza (Sosa 2018 p.1).

2.2.4.4. Propiedades de la pectina

La pectina en condiciones controladas de pH, concentración, fuerza iónica y temperatura forma soluciones viscoelásticas y redes estructuradas muy utilizadas en la preparación de alimentos como agentes, gelificante, estabilizantes y emulsionante (Torres et al. 2015):

-A una temperatura de 80-85 °C, activa las propiedades de gelificación de la pectina. La cocción lenta y gradual es práctica para mantener la pectina adecuadamente hidratada.

-La pectina funciona muy bien como estabilizador de caseína con tratamiento térmico a pH ácido. Debido a que las pectinas tienen carga negativa por encima de pH 3,5, pueden unirse a las regiones cargadas positivamente de las micelas y formar bolas esponjosas.

-La propiedad emulsificante (o/w) de la pectina se obtiene en condiciones ácidas, demostrando que reduce la tensión interfacial de la fase agua-aceite.

2.2.4.5. *Propiedades físicas*

Dentro de las principales propiedades se encuentran las siguientes (Ferreira 2015):

- **Solubilidad:** Son solubles en agua y formamida, dimetilformamina y glicerina caliente, pero insolubles en solventes orgánicos o soluciones que contengan polímeros, proteínas, detergentes cuaternarios y cationes polivalentes
- **Viscosidad:** Son viscosas en agua, pero depende del grado de esterificación o polimerización de la pectina
- **Poder de gelificación:** Se expresa en grados SAG y hace referencia a la cantidad de sacarosa que gelifica un gramo de pectina bajo condiciones estándar de pH de 2.8 - 3.4 y una concentración de azúcares de 65 °Brix.
- **Velocidad de asentamiento:** Esta velocidad incrementa al aumentar la concentración tanto del ácido como del azúcar.
- **Tiempo de cocción:** Las pectinas con una esterificación del orden de 75% pueden formar geles a 85°C en un tiempo de 10 minutos.

2.2.4.6. *Propiedades químicas*

- **pH:** Son neutras en su estado natural y en solución tiene carácter ácido, y a su vez varía de acuerdo con el medio y al grado de esterificación.
- **Las sales:** la presencia de sales disminuye la velocidad con la que se forma el gel.

2.2.4.7. *Propiedades fisicoquímicas*

- **Tiempo de gelificación:** Depende de la velocidad de enfriamiento del gel y explican que el enfriamiento lento provoca la gelificación a temperaturas más altas y, por lo tanto, la velocidad de gelificación se determina a la temperatura. También hacen mención que el tiempo de gelificación de la pectina dependerá del porcentaje de esterificación, es decir si el porcentaje está entre 60% - 67%, la gelificación es lenta; mientras que para una gelificación media es de 68% - 70%, y para la gelificación rápida se requiere entre 71% - 76 % grados esterificación (Carvache 2022, p. 32).
- **Grado de metoxilación:** Se refiere al número de grupos metoxilos que se encuentran esterificando los grupos carboxílicos de los ácidos galacturónicos. De aquí se diferencian los dos tipos de pectinas de alto y bajo metoxilo. El grado de metilación cumple un papel importante en la firmeza y cohesión de los tejidos vegetales, es por ello que una reducción del grado de metilación produce un aumento de la cohesión que es evidente en tejidos calentados

dando una combinación de un incremento de los enlaces de calcio y una disminución de la susceptibilidad de la pectina a despolimerizarse, mientras que en tejidos frescos la formación de carboxilos libres fortalece los enlaces calcio entre polímeros (Carvache 2022, p. 32).

- **Contenido de ácido galacturónico:** Refleja la pureza de la pectina y de manera indirecta sus impurezas. El nivel de ácido galacturónico en pectinas debe ser superior a 74 % en base seca, para considerarse de alta pureza; mientras que en un porcentaje inferior a 70 %, indica la presencia de ácidos no urónicos (Carvache 2022, p. 32).

- **Grado de esterificación:** Se refiere al grado variable en que los grupos carboxilos de los ácidos galacturónicos se encuentren esterificados con metanol, esta característica influye también en la temperatura de gelificación, es decir, que a mayor grado de gelificación, mayor es la temperatura de gelificación. La resistencia del gel y la velocidad de la gelificación disminuyen con un grado de esterificación menor, debido al aumento de interferencia esférica que ocasionan los grupos metil-éster sobre las interacciones intermoleculares mediante puentes de hidrógeno. Mientras que con un grado de esterificación mayor disminuye el tiempo de gelificación, lo cual se puede atribuir al incremento de la interacción hidrofóbica entre las moléculas de pectina (Carvache 2022, p. 32).

2.2.4.8. *Métodos de extracción de la pectina*

Los métodos de extracción pueden ser químicos, enzimáticos y físicos, siendo los primeros, hasta el momento, los más empleados en la industria

- *Métodos químicos*

Hay muchos procesos químicos de extracción de pectinas que involucran dos pasos principales (Muñoz 2016, p. 7):

- La primera es la extracción de las paredes celulares por hidrólisis, realizada con ácidos orgánicos como el acético, cítrico, láctico, málico, tartárico e inorgánicos como el nítrico, clorhídrico, fosfórico y sulfúrico, o con agentes quelantes como el EDTA, oxalato de amonio o hexametáfosfato de sodio.

- El segundo paso consiste en separar la pectina extraída por precipitación con alcohol. Las pectinas extraídas a alta temperatura hidrolizan la protopectina a través de varios pasos del proceso fisicoquímico, los procesos de hidrólisis y extracción se ven afectados por varios factores, principalmente la temperatura, el pH y el tiempo.

La extracción mediante ácidos llamado también hidrólisis ácida es la más común y con la que se obtienen mayores rendimientos mientras que la extracción con agentes quelantes crea

dificultades para eliminar los residuos de quelación y la extracción alcalina puede reducir el grado de metoxilación y acetilación del polímero extraído (Muñoz 2016, p. 7).

Las pectinas de manzanas y cítricos se suelen extraer con ácidos, siendo uno de los más utilizados el ácido nítrico. Sin embargo, el uso de ácido cítrico es un buen extractante para preservar los parámetros intrínsecos de las pectinas, es decir, el grado de metoxilación. Los parámetros de extracción más adecuados son temperaturas 60-100 °C, tiempos 20-360 min y pH 1,4 - 3. Dentro de la industria la extracción ácida es útil no solo por los altos rendimientos que contiene, sino también porque las pectinas resultantes contienen en su mayoría AGal. Las pectinas de los cítricos, las manzanas y la remolacha se extraen principalmente con ácidos inorgánicos, de los cuales los ácidos clorhídrico y nítrico son los más utilizados. No sólo influye el ácido utilizado en el proceso de extracción, sino también su concentración. En general, el aumento de la concentración de ácido de 0,01 a 0,03 M aumenta significativamente el rendimiento, a excepción del ácido sulfúrico. Los estudios también han demostrado que las variaciones en el pH también afectan el rendimiento (Muñoz 2016, p. 7).

- *Métodos físicos*

Los procesos físicos para la extracción de pectina están aún en desarrollo y sus aplicaciones en la industria son limitadas. No obstante, diversas tecnologías como por microondas o mediante ultrasonidos de alta intensidad (US) están emergiendo en la actualidad. La tecnología por microondas está extensamente utilizada en la producción alimentaria y se trata de una técnica novedosa para la extracción de pectinas procedentes de cítricos y manzana. Destaca por sus reducidos periodos de extracción y consumo de solventes y mayores rendimientos. En dicho proceso se fijan tres parámetros principales determinantes de la calidad de la pectina: la potencia, el tiempo de extracción y el pH del solvente (Muñoz 2016, p. 7).

- *Métodos enzimáticos*

Método utilizado, cuida al medio ambiente debido a la menor producción de residuos al evitarse reacciones secundarias, originadas mediante los métodos químicos, debido a la regioselectividad de las enzimas. Al ser estas muy específicas se suelen emplear concentraciones bajas. Además, la extracción con enzimas presenta también la ventaja de emplear bajos valores de temperatura y presión. Sin embargo, desde un punto de vista económico la utilización de enzimas resulta menos ventajosa que la extracción química. Enzimas como proteasas y celulasas son las que suelen emplearse en la separación de las pectinas de la parte insoluble de los tejidos (protopectina) mediante la despolimerización de la celulosa, hemicelulosa y proteína presente en el material vegetal (Muñoz 2016, p. 7).

2.2.4.9. Pectina comercial

La pectina comercial generalmente es extraída de las frutas cítricas o manzanas y que en la industria alimenticia es utilizada como agente gelatinizantes y espesante. La pectina comercial debe cumplir parámetros de calidad según la Food and Agriculture Organization, conocida como FAO, la cual establece los siguientes criterios (Patiño 2021):

Tabla 3-2: Propiedades de la pectina comercial cítrica.

PARÁMETRO	FAO	Pectina comercial
Humedad	Max 12,00%	10,81%
Cenizas	Max 2,50%	1,34%
Grado de esterificación	Min 60,00%	72,00%
Peso equivalente	-	1070,00 mg/mEq
Porcentaje de metoxilo	Min 6,70%	7,60%
Porcentaje del ácido galacturónico	Mínimo 65,00%	66,00%

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

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

2.2.4.10 Usos de la pectina

La pectina se ha utilizado como agente gelificante, espesante, texturizante, estabilizante y emulsificante en suspensiones o emulsiones de tipo aceite en agua, estos sistemas tienen como función el controlar las propiedades sensoriales, impartir textura, sabores o una apariencia homogénea de las distintas fases inmiscibles, mediante el uso de este polisacárido proveniente de fuentes naturales

A nivel general la pectina tiene las siguientes aplicaciones (Patiño 2021):

- Industria farmacéutica: Medicamentos de liberación prolongada, estabilizante, viscosante
- Cosméticos: Elaboración de cremas, pastas, geles, absorbente en jabones.
- Industria de alimentos: Elaboración de mermeladas y jaleas, elaboración de yogurt, gelificante en confites.

2.3. Industria alimentaria

El término “industrias alimentarias” involucra un conjunto de actividades a nivel industrial destinadas al tratamiento, la transformación de materia prima, la preparación, la conservación y finalmente el envasado de diferentes productos alimenticios. La industria actualmente experimenta un intenso cambio y diversificación ya que comprende desde pequeñas empresas de tipo tradicional o con gestión familiar, hasta grandes procesos a nivel industrial con procesos

mecanizados. A nivel general en la industria de alimentos se pueden detectar las siguientes etapas (Boushy et al. 2017):

- Manipulación y almacenamiento de materia prima
- Extracción
- Proceso de fabricación
- Proceso de conservación: acción química, deshidratación, esterilización por radiación, esterilización antibiótica y refrigeración.
- Envasado: enlatado, envasado aséptico, envasado por congelación

2.3.1. *Industria de alimentos y bebidas en Ecuador*

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), la industria de alimentos y bebidas en el país, tuvo un aporte de 7,83% del producto interno bruto (PIB). Además, tiene especial relevancia dentro del sector manufacturero ya que contribuye con el 55,90% del valor agregado. En el año 2007, el valor agregado de la industria tanto de alimentos como bebidas, fue de 1729, 2 millones de dólares. Además, es importante mencionar que la industria de alimentos genera un alto índice de empleo, alrededor del 45,4% del sector manufacturero, principalmente carne, pescado, legumbres, hortalizas, frutas y aceites.

Tabla 4-2: Industrias con mayor aporte económico en Ecuador

INDUSTRIA	VAB	%
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS Y DE BEBIDAS	1.729,2	100%
Producción, procesamiento y conservación de carnes y productos cárnicos	253,2	14,6%
Elaboración y conservación de camarón	585,2	33,8%
Elaboración y conservación de pescado y productos de pescado	251,7	14,6%
Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal	72,0	4,2%
Elaboración de productos lácteos	119,3	6,9%
Elaboración de productos de molinería y panadería	90,4	5,2%
Elaboración de azúcar	111,5	6,4%
Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	39,1	2,3%
Elaboración de otros productos alimenticios	103,8	6,0%
Elaboración de bebidas	102,9	5,9%

Fuente: Carrillo, D, 2009.

2.3.2. *Industria alimentaria y el impacto ambiental*

Las distintas actividades de las industrias tienen un fuerte impacto en el medio ambiente, desde las actividades de selección de la materia prima hasta el tipo de energía que utilizan en el

proceso de elaboración de productos. Además, se habla de un empobrecimiento en cuanto al uso de materias primas no renovable, siendo el principal indicador de potencial riesgo de contaminación. Debido a esto, en la actualidad se está introduciendo a nivel de la industria el concepto de “desarrollo sostenible”, con el fin de lograr que las actividades económicas de los sectores alimentarios tengan bajo impacto con el ambiente, al usar productos amigables al medioambiente, al reutilizar subproductos, etc., (Amarendi 2016).

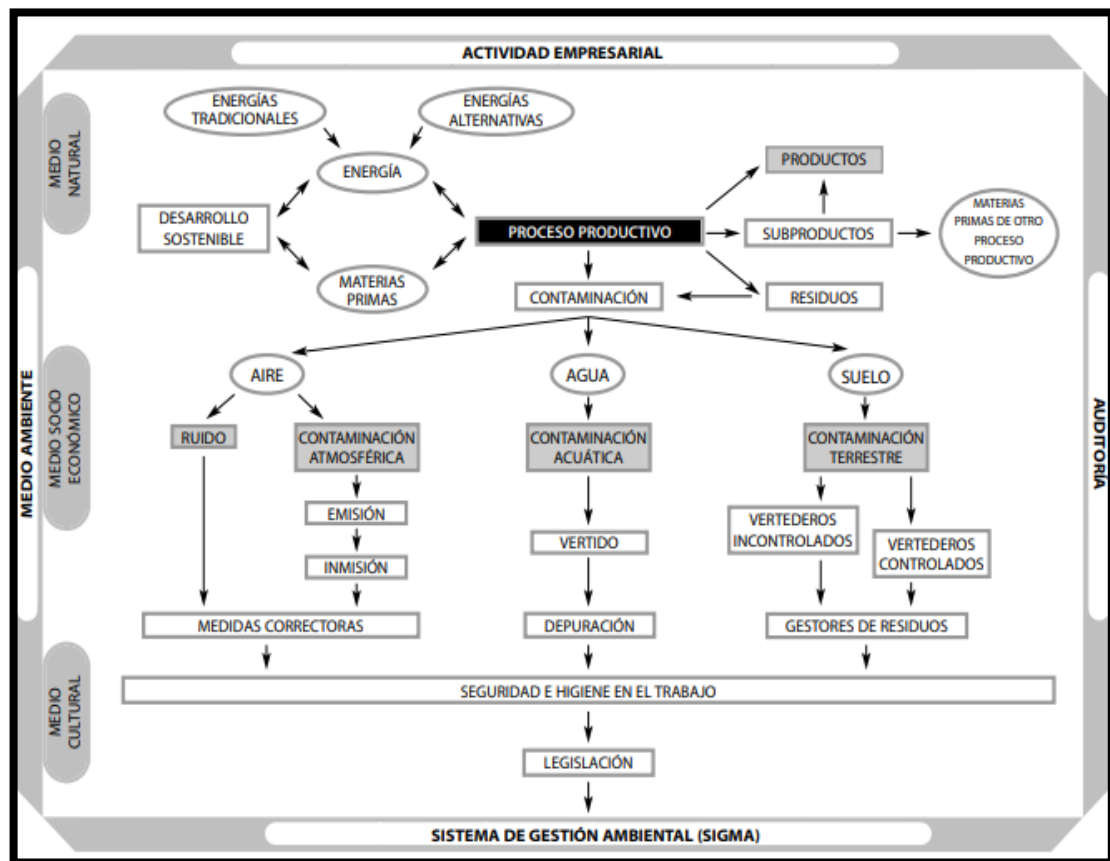


Ilustración 6-2: Influencia del sector productivo en el ambiente.

Fuente: Aramendi, S, 2016.

2.4. Aplicaciones de la pectina en la industria alimentaria

Por su capacidad de gelificación, la pectina aporta textura a los productos vegetales y la viscosidad de sus zumos, es usado como un buen agente gelificante, emulgente, espesante y estabilizante de emulsiones y suspensiones, por lo cual, es usado en la elaboración de mermeladas, confites, jaleas y productos de pastelería, y agente viscosante en bebidas, agente estabilizante en helados y postres fríos entre otros, al brindarle características reológicas. También se le usa como sustituto de azúcares que sean bajos en calorías (Navarrete, 2016).

2.4.1. Mermeladas

Se considera que cada gramo de pectina comercial gelifica 150 gramos de azúcar, por ejemplo, una mermelada que requiera 4,5 Kg de azúcar necesita de 27 gramos de pectina. La pectina es un gelificante fundamental en el proceso ya que aporta las siguientes características al producto (Navarrete 2016):

- Causa la gelificación de la masa cuando las cantidades de ácido y azúcar son idóneas.
- La gelificación se da cuando la cantidad de azúcar en la masa es del 65%
- Al encontrarse la pectina en frutas, la gelificación de la pulpa se da de forma adecuada.
- Cuando la fruta no produce suficiente pectina como melones, peras, otros; es necesario agregar pulpa o cáscara de otras frutas ricas en pectina como los cítricos.

2.4.1.1. Tipos de mermeladas

Dentro del mercado se puede hallar diversos tipos de mermeladas, incluso de tipo dietético, por lo cual, se recomienda fijarse en el contenido nutricional en los empaques y en los ingredientes como los edulcorantes y cantidad de químicos que tienen (Rea, 2015, p. 35).

- Fundamento químico

La pectina funciona como espesante natural, ya que forma geles una vez que se une con el azúcar y los ácidos de la fruta (Espinosa, 2018, p. 11).

Para elaborar mermelada se requiere de cuatro ingredientes básicamente: fruta, pectina, sacarosa y ácido. Las cantidades usadas de pectina varían entre 0,5%-1% del peso del producto. El grado gelificante es medido en kilogramo de azúcar gelificada / kilogramo de pectina, por lo cual, la pectina vendida a nivel industrial es de grado 150, es decir, por cada 150 gramos de azúcar se añade 1 gramo de pectina. La pectina contribuye a los sólidos solubles ya que los sólidos refractométricos de la mermelada deben ser del 65%. Además, la mezcla en cocción debe alcanzar un pH de 3-3,5 ya que en ese rango la pectina gelifica (Espinosa, 2018, p. 12).

2.4.2. Helados

Los helados son postres consumido en todo el mundo.

- Fundamento químico

La pectina es usada como estabilizador en la elaboración de helados, se usa en diferentes niveles

como 0,25% y 0,50%. Estabiliza el helado a base de leche a través de características nutritivas, organolépticas y microbiológicas. Forma geles en medios ácidos ante la presencia de grandes cantidades de azúcares, por lo cual, es un aditivo alimentario usado ampliamente en la industria. El contenido de sólidos en helado de leche es de 40-41% en un pH entre 5,03 y 5,09, independientemente del tipo de pectina usada en la elaboración (Carrillo 2017).

2.4.3. Mayonesa

Es una salsa emulsionada a base de huevo crudo, aceite, sal y algún líquido ácido (jugo de limón o vinagre). En Francia también es habitual aromatizarla con mostaza. Si emulsiona correctamente, se consigue una textura cremosa y un aspecto homogéneo. Se le añade agua, sal, azúcar o glucosa, féculas o almidones, ácidos cítrico, tartárico o láctico y especias, excepto azafrán. Es la base de numerosas salsas, como la alemana, la tártara, la salsa rosada (Francia et al., 2011, p. 1).

- Fundamento químico

La pectina es un ingrediente funcional en la industria alimentaria al formar geles acuosos, este gel puede modificar la textura de la mayonesa, incrementa la viscosidad y estabiliza la emulsión aceite en agua O/W, ya que contiene una fase oleosa y una fase acuosa (Silva et al. 2018).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.2. Lugar de investigación

El trabajo experimental se realizó en la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), en los Laboratorios de Productos Naturales, Laboratorio de Química Analítica, Laboratorio de Investigación, Laboratorio de Bromatología y en el Laboratorio de procesos industriales.

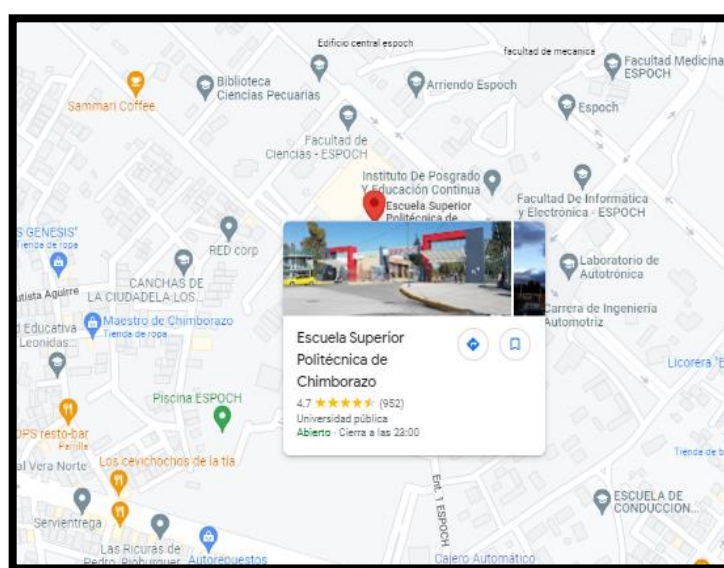


Ilustración 1-3: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Fuente: ESPOCH, 2022.

3.3. Tipo de investigación

El presente trabajo tuvo un diseño cuantitativo experimental en vista de que se manipularon las variables independientes en condiciones controladas para observar la variación en el porcentaje del rendimiento de pectina a partir de los residuos orgánicos de la naranja por el método Hidrolisis ácida.

También es de tipo exploratorio debido a que está enfocado en la obtención de la pectina natural a partir de fuentes renovables como son los residuos de naranja con el objetivo de poder reemplazar la pectina comercial que son utilizados dentro de la industria alimentaria, además destacando como una alternativa ecológica para el medio ambiente ya que los residuos de

naranja generalmente son desechados y no aprovechados. Por último, este viene a ser de tipo investigativo que permite conocer los diferentes tratamientos utilizados para la obtención de pectina con un alto rendimiento, buscando así resultados óptimos que puedan ser usados para posteriores investigaciones.

3.4. Población de estudio

Debido a las diferentes variedades de naranjas existentes en el Ecuador, la especie seleccionada para la extracción de la pectina corresponde género *Citrus sinensis* de la clase *Valencia común*. La selección de esta clase se llevó a cabo mediante un muestreo selectivo realizado a partir de los residuos de naranja que se han generan en los restaurantes de la ciudadela La Cerámica, ubicado al norte de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo.

3.5. Tamaño de la muestra

Del total de la población se tomó de manera selectiva un tamaño experimental de 10 kilogramos de residuos de naranja. La selección de la muestra se realizó una vez aplicados los criterios de inclusión y exclusión.

3.6. Criterios de inclusión y exclusión

3.6.1. Criterios de inclusión

- Cáscaras de naranja de 5 restaurantes de la ciudadela La Cerámica de la ciudad de Riobamba.
- Cáscaras de naranjas en buen estado.
- Cáscaras que no presenten manchas en la superficie.
- Naranjas del género *Citrus sinensis* de la variedad *Valencia común*.

3.6.2. Criterios de exclusión

- Cáscaras de naranja de restaurantes fuera de la zona norte de la ciudad.
- Cáscaras en mal estado.
- Cáscaras con manchas en la superficie.
- Naranjas que no pertenecen al género *Citrus sinensis* de la variedad *Valencia común*

3.7. Materiales, reactivos y equipos

Tabla 1-3: Listado de materiales, equipos y reactivos utilizados.

EXTRACCIÓN DE PECTINA Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA QUÍMICA		
MATERIALES	REACTIVOS	EQUIPOS
- Residuos de la naranja (cascara, albedo, membrana)	- Ácido cítrico al 100 %	- Balanza digital
- Papel filtro	- Etanol al 96 %	- Balanza analítica
- Vasos de precipitación de 100, 250, 500 y 1000 ml	- Agua destilada	- pH-metro
- Balón de aforo de 1000 ml		- Estufa
- Erlenmeyer de 1000 ml		- Termobalanza o balanza del porcentaje de humedad
- Varilla de agitación		- Reverbero
- Vidrio reloj		- Cronómetro
- Mortero		- Equipo SHAKER FC4_L.INV-006
- Pipeta graduada		- Bomba de succión.
- Embudo buchner		- Congelador
- Maguera o tubo		
- Kitasato		
- Bureta		
- Termómetro		
- Papel periódico		
- Pinzas de sujeción		
- Liencillo o tela de filtro		
- Cono de goma		
ELABORACION DE LOS PRODUCTOS (MERMELADA, MAYONESA Y HELADO) Y CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICO		
MATERIALES	REACTIVOS	EQUIPO
- Fresas 1000 gramos	- Ácido cítrico al 1%	- Reverbero
- Recipientes (Olla, recipiente plástico, vasos de plástico, recipiente de vidrio)	- Pectina al 1%	- Estufa
- Varilla de agitación	- Azúcar 725 gramos	- Balanza analítica
- Colador	- Agua a 35 °C	- Refractómetro
- Crisoles de porcelana	- NaOH 0.25 N y HCl 0.25 N	- pH-metro
- Mufla	- Leche en polvo 90 gramos	- Congelador
- Desecador	- Pectina 5 gramos	- Viscosímetro (QUIMIS Q680 M)
- Licuadora	- Saborizante 12,50 gramos	
- Embudo de separación simple	- Emulsionante 15 gramos	
- Termómetro	- Aceite vegetal 195 gramos	
	- Jugo de limón 30 gramos	
	- Yema de huevo 14 gramos	
	- Vinagre blanco 12 gramos	
	- Mostaza 12 gramos	

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

3.8. Identificación de variables

3.8.1. Variable dependiente

- Porcentaje de rendimiento de la pectina

3.8.2. Variables independientes

- pH de la solución ácida de extracción
- temperatura de extracción
- tiempo de extracción

3.9. Operacionalización de variables

Tabla 2-3: Operacionalización de variables

VARIABLES	CONCEPTO	INDICADORES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
VARIABLES INDEPENDIENTES:			
• Temperatura de la extracción	Es la temperatura a la cual se da la extracción de la pectina por hidrólisis ácida.	Grados centígrados (°C)	Termómetro
• pH de la solución ácida de extracción	Determina el grado de alcalinidad o acidez de una disolución.	Valor de pH	pH-metro
• Tiempo de extracción	Es el tiempo necesario que tomará el proceso de extracción de la pectina.	Minutos	Cronómetro
VARIABLE DEPENDIENTE:			
• Cantidad de pectina obtenida (rendimiento)	Cantidad porcentual de pectina obtenida en función del producto extraído	El porcentaje de pectina extraída	Balanza de masas

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

3.10. Diseño experimental

Se realizó un diseño completamente al azar (DCA) con 3 repeticiones, que permitió comparar 3 tratamientos, obteniendo un experimento tipo: 2A*2B*2C*3D

A= pH de extracción

a1= 1,5

a2= 3

B= temperatura de extracción

b1=70 °C

b2= 90°C

C= tiempo de extracción

c1= 45 minutos

c2= 60 minutos

D= 3 Repeticiones

Total de muestra = 24

3.10.1. Formulación de hipótesis

- **H₀**: Las variaciones de pH, temperatura y tiempo de extracción durante proceso de hidrólisis ácida, no influye en el porcentaje de rendimiento de la pectina extraída de los residuos de naranja.
- **H₁**: Las variaciones de pH, temperatura y tiempo de extracción durante proceso de hidrólisis ácida, influye en el porcentaje de rendimiento de la pectina extraída de los residuos de naranja.

3.11. Análisis estadístico

El rendimiento de la pectina se evaluó y verifico estadísticamente utilizando el análisis de varianza (ANOVA) para detectar diferencias significativas entre los tratamientos, y la prueba de FISHER para la comparación de medias, se trabajó con una probabilidad de error del 5% ($p < 0.05$) tipo 1, utilizando el software estadístico MINITAB versión 18.

3.12. Proceso de extracción de la pectina

Existe diferentes maneras para la obtención de pectina a continuación se mencionará cómo se trabajó a nivel laboratorio en el que se describe el proceso en 3 fases:

- El pretratamiento

- Extracción
- Homogenización

3.12.1. Pre-tratamiento

El Pre-tratamiento consistió inicialmente con la recolección de muestras, lavado, secado del material del cual se extraerá la pectina hasta aproximadamente un 10% de humedad, y la inactivación enzimática de los residuos de naranja.

3.11.1.1. Recolección de muestras

Se recolectó los residuos de naranja que son generados en restaurantes de la ciudadela La Cerámica, ubicada al norte de la ciudad de Riobamba e inmediatamente fue transportado a los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

3.11.1.2. Lavado

Se realizó el lavado de los residuos con abundante agua destilada para eliminar la presencia de posibles impurezas en las cáscaras de naranja. Es importante realizar el lavado debido a que se elimina cualquier residuo de las sustancias químicas o el polvo que posee la materia prima, utilizando agua ya sea por aspersion o inmersión (Patiño 2021).

3.11.1.3. Secado

Se secó los residuos en la estufa a una temperatura de 70°C, por un periodo de 24 horas hasta que la muestra alcance un porcentaje de humedad del 10%. Esta etapa es importante porque es un método donde se separa el líquido del sólido, es decir, se da la eliminación ya sea parcial o total de la humedad contenida en la muestra (Patiño 2021).

3.11.1.4. Inactivación enzimática o escaldado

Este proceso consistió en la inactivación de las enzimas pectinesterasas mediante el calentamiento de las muestras a una temperatura de 80°C durante 10 min. La relación entre la muestra y el volumen de agua fue de 1:2. Esta etapa es realizada al llevar el agua junto a la muestra hasta llegar a ebullición, con el objetivo de eliminar la actividad de enzimas pectinasas las cuales actúan de forma sinérgica y secuencial, además, el proceso de inactivación enzimática permite eliminar microorganismos (Toapanta 2018).

3.12.2. Extracción

Se realizó el proceso de hidrólisis ácida fue la etapa más importante y el filtrado de la solución que se obtiene.

3.11.2.1. Hidrólisis ácida

En esta etapa se sometió las muestras de residuos de naranjas en ácido cítrico en diferentes condiciones de pH, temperatura y tiempo, con el fin de medir la variación del porcentaje de rendimiento de la pectina en cada proceso. Este proceso de hidrólisis ácida permite catalizar la división de un enlace químico mediante una sustitución nucleofílica, a través de la adición de agua. Para la hidrólisis ácida es necesario calentar un ácido, la muestra y el agua, manteniendo agitación constante y en condiciones específicas de pH, temperatura y tiempo (Ramírez 2019).

Tabla 3-3: Condiciones de operación del proceso de hidrólisis ácida

Materia prima	Tratamiento	pH	Tiempo	Temperatura
Residuos de naranja	T1	1,5	45 min	60°C
	T2	1,5	45 min	70°C
	T3	1,5	60 min	60°C
	T4	1,5	60 min	70°C
	T5	3	45 min	60°C
	T6	3	45 min	70°C
	T7	3	60 min	60°C
	T8	3	60 min	70°C

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

3.11.2.2. Filtrado

Se realizó la filtración de la mezcla hidrolizada mediante un liencillo para poder reducir los azúcares a 0° Brix y el líquido filtrado fue enfriado inmediatamente hasta alcanzar una temperatura de 15°C. El filtrado es importante para poder separar un sólido que se encuentre ya sea en una suspensión o en una mezcla heterogénea (Patiño 2021).

3.11.2.3. Homogenización

Consistió en el clarificado de la solución obtenida después de la hidrolisis acida mediante la

precipitación, una segunda filtración, secado y molienda de la pectina obtenida.

3.11.2.4. Precipitación

Se agregó etanol a una concentración de 96% y se realizó una agitación constante por un tiempo de 5 minutos y luego se dejó en reposo 4 horas. La precipitación se realiza con el fin de retirar los componentes que no forman parte de la pectina, ayudando así a incrementar la pureza de la muestra obtenida (Ramírez 2019).

3.11.2.5. Filtrado 2

La pectina se filtró del etanol por el filtrado efectuado a través de un filtro de liencillo, con movimientos circulares y vibratorios. El precipitado se retiró con una paleta y se colocó en un recipiente de vidrio para su posterior secado.

3.11.2.6. Secado

La pectina obtenida fue secada en la estufa a una temperatura de 90°C por un período de 24 horas, hasta obtener un peso constante.

3.11.2.7. Molienda o trituración

Se realizó la molienda de la pectina para poder reducir su tamaño con la ayuda de un mortero hasta que se obtuvo un polvo fino. Esta etapa fue importante para reducir el tamaño de los agregados de las partículas blandas ligadas entre sí, sin alterar su naturaleza, con el fin de obtener partículas pequeñas (Patiño 2021).

3.13. Esquema del proceso de obtención de pectina

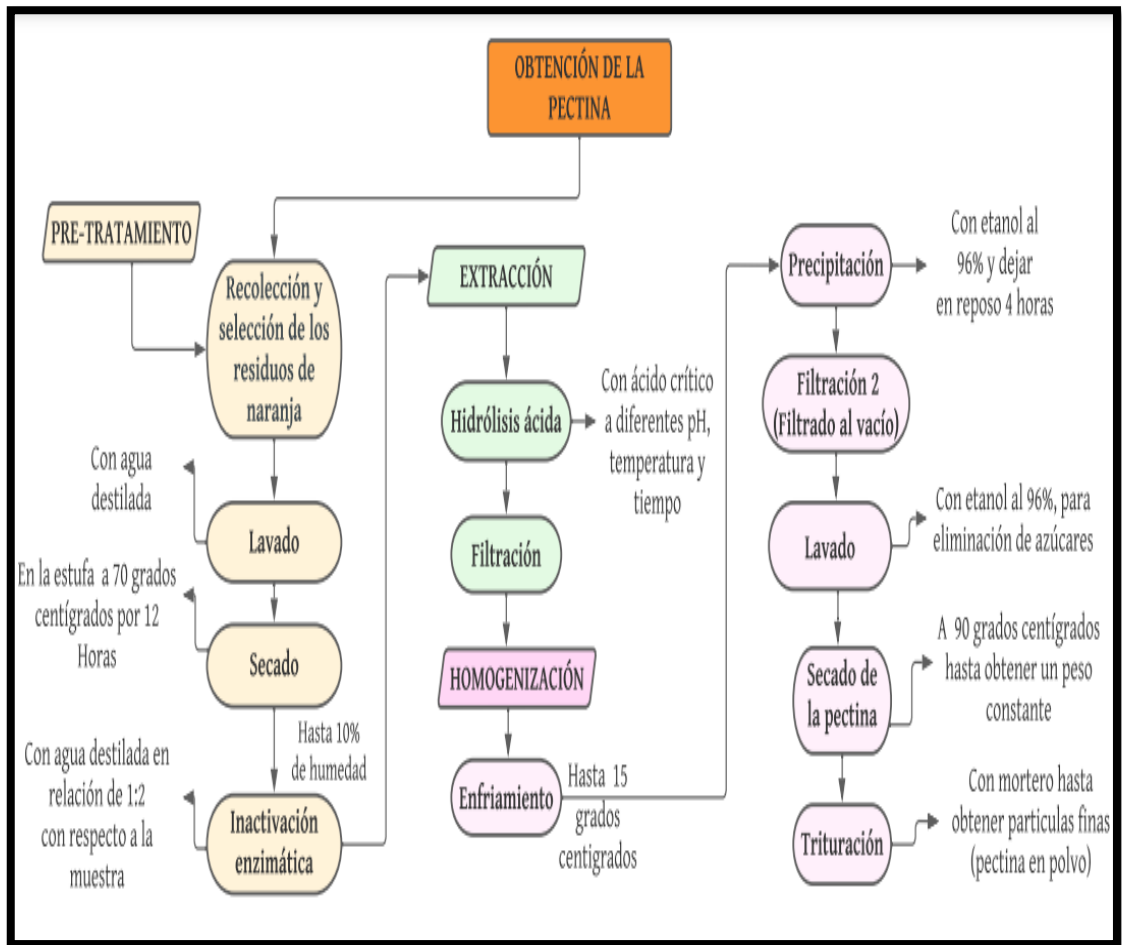


Ilustración 2-3: Proceso de la obtención de pectina a partir de residuos de naranja.

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

3.13. Caracterización físico-química de la pectina

3.13.1. Rendimiento de la pectina

Para calcular el rendimiento de la pectina obtenida de los residuos de naranja, se utilizó la siguiente fórmula (Toapanta, 2018):

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{peso de pectina obtenida}}{\text{peso de residuo procesado}} * 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

3.13.2. Humedad

Es un factor que indica la estabilidad la cual es muy esencial realizar esta determinación, se

elaboró con la ayuda del equipo conocido como la termobalanza o balanza de humedad/balanza térmica donde se procesó de la siguiente manera (Toledo, 2014, p.10):

- Se colocó 1 g de pectina en el equipo de termobalanza

$$\% \text{ humedad} = \frac{w \text{ humedad} - w \text{ seca}}{w \text{ humedad}} \times 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

3.13.3. *Peso equivalente y acidez libre*

Se realizó la determinación mediante el método de titulación con el siguiente proceso (Patiño, 2021):

- Se colocó NaOH 0,1 N en una bureta.
- Se preparó 10 ml de una solución de pectina con concentración 1%
- Se colocó la pectina en un Erlenmeyer más 3-4 gotas de fenolftaleína
- Se colocó en un agitador magnético
- Se tituló hasta tener un pH de 7,5 o que la solución tuviera un tono rosa
- Se realizó el siguiente cálculo

$$AL = \frac{mEq \text{ de NaOH}}{mg \text{ del componente ácido}} \quad (\text{Ec. 3})$$

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

3.13.4. *Porcentaje de metoxilo*

Para determinar el porcentaje de metoxilo se utilizó el procedimiento de Owen según la INEN 0427 (Ramírez, 2019, p. 30):

- Se tomó 60 ml de la solución sobrante del análisis de peso equivalente y acidez
- Se agregó 25 ml NaOH 0,25N por 15 minutos
- Se colocó en el agitador magnético por 30 minutos
- Se agregó 25 ml de HCl 0,25N
- Se agitó
- Se realizó la titulación con NaOH 0,1N hasta tener un tono marrón
- Se realizó el cálculo con la siguiente ecuación:

$$\% Me = \frac{mEq \text{ NaOH} \cdot 31 \cdot 100}{mg \text{ muestra ácida}} \quad (\text{Ec.5})$$

3.13.5. Grado de esterificación

Se realizó el cálculo considerando los mEq gastados en la titulación del porcentaje de metoxilo (a) y la suma total de los mEq usados en la determinación del peso equivalente (b) y los mEq del porcentaje de metoxilo. Se calculó de la siguiente forma (Ramírez, 2019, p. 31):

$$\%Ge = \frac{mEq NaOH (a)}{mEq NaOH (a) + mEq NaOH (b)} \quad (Ec.6)$$

3.13.6. Contenido del ácido anhidro galacturónico

Para calcular el ácido anhidro galacturónico se tomó en consideración los mEq de NaOH usados en el análisis de grado de esterificación y se utilizó la siguiente fórmula (Toapanta 2018):

$$\%AAG = \frac{176 * 100 - (mEq NaOH (a) + mEq NaOH (b))}{mg de la muestra ácido} \quad (Ec.7)$$

3.14. Aplicación de la pectina en la industria alimentaria

3.14.1. Elaboración de mermelada con pectina como agente gelificante

• Componentes

- 1000 gramos de fresas maduras
- 625 gramos de azúcar
- 1% de pectina
- 1% de ácido cítrico

3.14.1.1. Proceso de elaboración de la mermelada

- Se lavó las fresas para eliminar cualquier tipo de impureza
- Se retiró el pedículo y el sépalo de las fresas
- Se realizó el escaldado, sometiendo la fruta en agua a 85°C
- Se realizó el despulpado, licuando la fruta hasta obtener una muestra homogénea
- Se realizó la cocción de las fresas con la mitad de la cantidad de azúcar
- Se llevó a ebullición para controlar los grados Brix.
- Una vez alcanzada una concentración de azúcar del 45%
- Se colocó el resto de azúcar, el ácido cítrico, la pectina y se mezcló hasta alcanzar 65°Brix.
- Se colocó la mermelada en un recipiente semi tapado hasta alcanzar 85°C.

- Finalmente se envasó el producto

3.14.1.2. Caracterización de la mermelada

- **Cenizas**

- Se colocó 10 gramos de muestra en una cápsula
- Se pesó y se puso en el reverbero a 105°C hasta que se evaporó.
- Se colocó la cápsula en la mufla hasta obtener cenizas blancas
- Se realizó el cálculo con la siguiente fórmula (INEN 2000):

$$C= 100* \frac{m3-m1}{m2-m1} \quad (\text{Ec.8})$$

Dónde:

m1= peso de la cápsula vacía

m2= peso de la cápsula con la muestra

m3= peso de la cápsula con cenizas

- **pH**

- Se homogeneizó la muestra con una pequeña cantidad de agua
- Se colocó en un vaso de precipitación 10 gramos de muestra
- Se introdujo el electrodo del potenciómetro y se midió el pH (INEN 1985a).

- **Sólidos solubles**

- Se colocó 40 gramos de mermelada en un vaso de precipitación y se añadió 100 ml de agua
- Se llevó la mezcla a ebullición por 3 minutos
- Se dejó en reposo 20 minutos
- Se pesó y filtró usando un embudo Buchner y se recogió el filtrado en un recipiente seco
- Se colocó de 2 a 3 gotas de la muestra en el refractómetro
- Se continuó la circulación de agua hasta alcanzar una temperatura de 15-25°C.
- Se leyó el valor del índice de refracción
- Se realizó el cálculo con la siguiente fórmula (INEN 1985b):

$$\frac{P*M2}{M1} \quad (\text{Ec.9})$$

Dónde:

P= % de sólidos solubles en solución diluida

M1= masa de la muestra antes de diluir

M2= masa de la muestra diluida

3.14.2. Elaboración de helado con pectina como agente estabilizante**• Componentes**

- 450 ml Agua
- 100 g Azúcar
- 90 g Leche en polvo
- 25 g glucosa
- 5 g de pectina
- 12,5 g saborizante
- 15 g emulsionante

3.14.2.1. Proceso de elaboración del helado

- Se realizó primero la mezcla el agua, azúcar, la leche en polvo, la glucosa y la pectina
- Con la ayuda de la licuadora mezclar durante 3 minutos.
- Se llevó al congelador durante 2 horas, hasta obtener una consistencia semisólida.
- Retirar del congelador y añadir el saborizante, y el emulsionante
- Inmediatamente se procedió a batirlo hasta que logre obtener una mezcla homogénea.
- Después colocar en un recipiente cerrado
- Se dejó en reposo en el congelador durante 24 horas.

3.14.2.2. Caracterización del helado**• Análisis sensorial**

Se realizó un análisis sensorial del helado evaluando cuatro aspectos (Abrate 2018):

- Apariencia
- Textura
- Sabor
- Aroma

- **Sólidos solubles**

- Se colocó 40 gramos de helado en un vaso de precipitación y se añadió 100 ml de agua
- Se llevó la mezcla a ebullición por 3 minutos.
- Se dejó en reposo 20 minutos
- Se pesó y filtró usando un embudo Buchner y se recogió el filtrado en un recipiente seco.
- Se colocó de 2 a 3 gotas de la muestra en el refractómetro.
- Se continuó la circulación de agua hasta alcanzar una temperatura de 15-25°C.
- Se leyó el valor del índice de refracción.
- Se realizó el cálculo con la siguiente fórmula (INEN 1985b):

$$\frac{P*M2}{M1} \quad \text{(Ec.10)}$$

Dónde:

P= % de sólidos solubles en solución diluida

M1= masa de la muestra antes de diluir

M2= masa de la muestra diluida

- **°Brix**

Se realizó la determinación de los °Brix el cual mide la concentración total de sacarosa disuelta en un líquido, es decir, miden el dulzor de los alimentos (Paredes 2011, p. 26).

- Se colocó unas gotas sobre el prisma del refractómetro
- Se tomó lectura.

- **Viscosidad**

Para determinar la viscosidad se empleó un sistema de medición reológica el cual permite un examen detallado de muestras de líquidos. El viscosímetro nos brinda un rango de medición entre 10 a 100.000 mPa*s. (PCE, 2019):

- Se tomó 100 ml de muestra de helado
- Se colocó en un vaso de precipitación
- Se introdujo en el equipo, con el usillo número 3
- Se esperó 1 minuto hasta que el equipo realice el análisis
- Se tomó los datos que se visualizó en la pantalla como son el número de rotor en uso
- También se visualizó la velocidad actual, porcentaje de lectura y valor de medición.

3.14.3. Elaboración de mayonesa con pectina como agente emulsificante

- Componentes
 - Aceite vegetal 65 gramos
 - Jugo de limón 10 gramos
 - Yema de huevo 7 gramos
 - Vinagre blanco 4 gramos
 - Mostaza 4 gramos
 - Pectina 1%

3.14.3.1. Proceso de elaboración de la mayonesa

- Se colocó en la licuadora los ingredientes excepto el aceite vegetal.
- Se añadió paulatinamente el aceite a medida que se licuaba la mezcla.
- Se envasó y almacenó el producto.

3.14.3.2. Caracterización de la mayonesa

- **Análisis sensorial**

Se evaluó en la mayonesa los caracteres organolépticos como (Guzmán 2017):

- Olor
- Color
- Sabor
- Textura y uniformidad

- **pH**

- Se colocó en un vaso de precipitación 10 gramos de muestra.
- Se homogeneizó con 100 ml de agua.
- Se introdujo el electrodo del potenciómetro y se midió el pH (INEN 369, p. 1).

- **Viscosidad**

Para determinar la viscosidad se empleó un sistema de medición reológica el cual permite un

examen detallado de muestras de líquidos. El viscosímetro nos brinda un rango de medición entre 10 a 100.000 mPa*s. (PCE, 2019):

- Se tomó 100 ml de muestra de la mayonesa y se colocó en un vaso de precipitación
- Se introdujo en el equipo, con el usillo número 1
- Se esperó 1 minuto hasta que el equipo realice el análisis
- Se tomó los datos que se visualizó en la pantalla como son el número de rotor en uso
- Se visualizó la velocidad actual, porcentaje de lectura y valor de medición.

3.15. Esquema de la caracterización física química de la pectina y productos finales

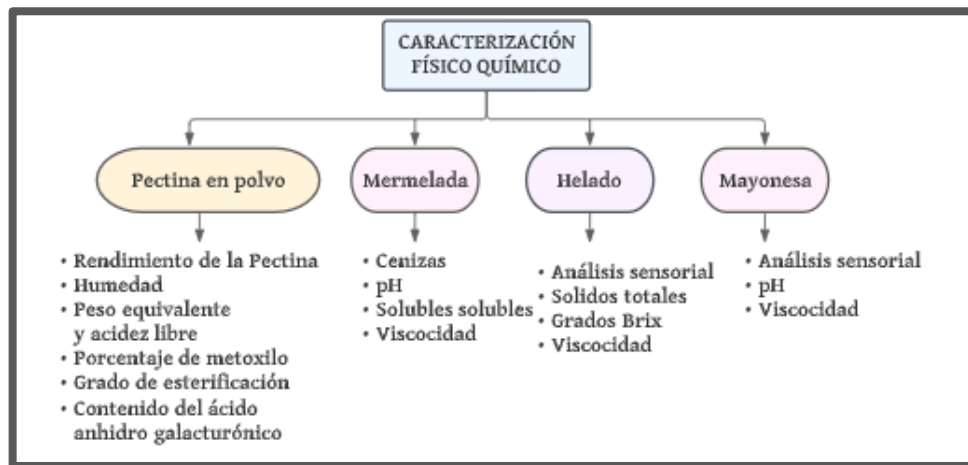


Ilustración 3-3: Caracterización físico química.

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

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

Para determinar las condiciones ideales de extracción de la pectina por hidrólisis ácida se manipuló las variables de la solución extrayente mediante el cambio de la concentración del ácido de cítrico, el tiempo y la temperatura. La obtención se realizó en tres etapas, pretratamiento de la materia prima, extracción de pectina por hidrólisis ácida y la homogenización. Además, se realizó la caracterización de la pectina para su aplicación en el área alimenticia mediante la elaboración de productos como mermelada, helado y mayonesa, así como el control de calidad de cada producto.

4.1.1. Porcentaje de Rendimiento de la pectina

Se realizó la evaluación del porcentaje de rendimiento de la pectina obtenida por hidrólisis ácida a partir de residuos de naranja, de los ocho tratamientos planteados en el estudio, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 1-4: Rendimiento de la pectina a partir de los ocho tratamientos.

Tratamiento	pH	Tiempo	Temperatura	Repeticiones	Gramos de pectina (g)	Rendimiento químico (%)	Promedio del rendimiento químico (%)
T1	1,5	45 min	60°C	1	1,203	2,406	2,609
				2	1,400	2,800	
				3	1,311	2,622	
T2	1,5	45 min	70°C	1	1,128	2,256	2,300
				2	1,121	2,242	
				3	1,201	2,402	
T3	1,5	60 min	60°C	1	1,510	3,020	3,102
				2	1,542	3,084	
				3	1,601	3,202	
T4	1,5	60 min	70°C	1	2,725	5,450	5,595
				2	2,812	5,624	
				3	2,856	5,712	
T5	3	45 min	60°C	1	0,372	0,744	0,805
				2	0,412	0,824	

				3	0,423	0,846	
T6	3	45 min	70°C	1	0,239	0,478	0,483
				2	0,250	0,500	
				3	0,236	0,472	
T7	3	60 min	60°C	1	0,235	0,470	0,465
				2	0,251	0,502	
				3	0,211	0,422	
T8	3	60 min	70°C	1	0,368	0,736	0,74
				2	0,375	0,750	
				3	0,367	0,734	


Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

Se observó el mayor rendimiento químico en el tratamiento T4 con 5,595% de pectina; considerando las siguientes condiciones de trabajo: pH bajo de 1,5; temperatura elevada de 70 °C y por un tiempo de 60 min, por lo cual, se eligió este tratamiento para realizar la caracterización físico-química de la pectina obtenida a escala de laboratorio.

En un estudio realizado en Colombia sobre “Proceso para producir pectinas cítricas”, se obtuvieron resultados similares al extraer pectina a partir de naranjas tangüelo y valencia, utilizando ácido nítrico y trabajando bajo condiciones de pH 1,5 por 40 minutos, obteniendo un rendimiento de 6,50%. Es importante considerar que, para obtener una pectina de calidad con un rendimiento cercano a 10% y con alto poder de gelificación, se debe realizar una extracción ácida, con pH cercano a 2 y con un tiempo de extracción que varíe de 30 a 40 minutos, además, para mejorar el rendimiento se puede realizar una segunda hidrólisis del residuo obtenido tras realizar la filtración (Devia 2017, p. 25).

Un estudio sobre el efecto de la temperatura, tiempo y pH en el rendimiento de extracción de pectina realizó un diseño compuesto central rotatable donde se trabajó con pH 3, 4,5 y 6,5, el tiempo varió de 40 min, 50 min y 60 min y la temperatura de extracción fue de 60°C, 70°C y 80°C, obteniendo rendimientos químicos desde 3,71% hasta 22,08%. Mediante el análisis estadístico con un nivel de confiabilidad del 95% se determinó que, la temperatura y el tiempo de extracción no tienen efecto significativo en el rendimiento, mientras que, el pH sí influye directamente en el porcentaje de rendimiento obtenido (Laurente 2018, p. 37).

Tabla 2-4: Condiciones de tratamiento de la pectina con mayor rendimiento de la pectina

TRATAMIENTO (4)	
ÁCIDO: Ácido cítrico pH: 1,5 TEMPERATURA: 70 grados centígrados (°C) TIEMPO DE EXTRACCIÓN: 60 minutos	

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

4.1.2. Análisis estadístico de la influencia de pH, tiempo y temperatura en la extracción

Para evaluar la influencia de los factores como pH, tiempo y temperatura, primero se realizó el análisis descriptivo de las variables, obteniendo los resultados que se presentan a continuación en la tabla 3-4.

Tabla 3-4: Análisis estadístico descriptivo de las variables en la extracción de pectina

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
pH	8	1,50	3,00	2,2500	0,80178
Tiempo	8	45,00	60,00	52,5000	8,01784
Temperatura	8	60,00	70,00	65,0000	5,34522
N válido (según lista)	8				

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

Para el desarrollo de la extracción de pectina en medio ácido se trabajó con un pH de extracción que varió de 1,5 a 3, el tiempo de extracción fue de 45 minutos hasta 60 minutos y la temperatura de 60°C y 70°C.

4.1.2.1. Influencia del pH de extracción

Para comprobar la hipótesis planteada sobre la influencia del pH en el rendimiento de extracción, se realizó un ANOVA mediante la prueba de Fisher con un 95% de confianza, obteniendo los siguientes resultados.

El rendimiento de la pectina se evaluó y verificó estadísticamente utilizando el análisis de varianza (ANOVA) para detectar diferencias significativas entre los tratamientos, y la prueba de FISHER para la comparación de medias, se trabajó con una probabilidad de error del 5% ($p < 0.05$) tipo 1, utilizando el software estadístico MINITAB versión 18.

Tabla 4-4: Análisis estadístico descriptivo de la influencia del pH

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,50	4	3,4915	1,67521	0,83761	0,8259	6,1571	2,30	5,96
3,00	4	0,6233	0,17452	0,08726	0,3455	0,9010	0,47	0,81
Total	8	2,0574	1,88847	0,66767	0,4786	3,6362	0,47	5,96

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

En la tabla 4-4, se observa que al trabajar con un pH de 1,5 se obtiene un rendimiento mayor (3,491%), mientras que a pH 3 se obtuvo un porcentaje de rendimiento de 0,623%.

Tabla 5-4: Análisis ANOVA-FISHER del pH

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	16,454	1	16,454	11,600	0,014
Intra-grupos	8,510	6	1,418		
Total	24,964	7			

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

Al tener un valor de $p = 0,014$ menos a $0,050$ se acepta la hipótesis alternativa, es decir, el pH sí influye en el porcentaje de rendimiento química de la pectina.

4.1.2.2. Influencia del tiempo de extracción

Para comprobar si el tiempo de extracción influye en el porcentaje de rendimiento de la pectina, se realizó un ANOVA mediante la prueba de Fisher con un 95% de confianza, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 6-4: Análisis estadístico descriptivo de la influencia del tiempo de extracción

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
45,00	4	1,7453	1,30511	,65256	-,3315	3,8220	,47	3,10
60,00	4	2,3695	2,52156	1,26078	-1,6429	6,3819	,48	5,96
Total	8	2,0574	1,88847	,66767	,4786	3,6362	,47	5,96

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

En la tabla 6-4, se observa que al trabajar con un tiempo de extracción de 60 minutos hay un mayor rendimiento con el 2,369%, mientras que, al realizar la extracción en 45 minutos, se tiene un rendimiento de 1,745%.

Tabla 7-4: Análisis ANOVA-FISHER del tiempo de extracción

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,779	1	0,779	0,193	0,676
Intra-grupos	24,185	6	4,031		
Total	24,964	7			

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

Al tener un valor de $p= 0,676$ mayor a $0,050$ se acepta la hipótesis nula, es decir, el tiempo de extracción no influye significativamente en el porcentaje de rendimiento químico de la pectina obtenida por hidrólisis ácida

4.1.2.3. Influencia de la temperatura de extracción

Para comprobar la hipótesis planteada sobre la influencia de la temperatura de extracción en el rendimiento, se realizó un ANOVA mediante la prueba de Fisher con un 95% de confianza, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 8-4: Análisis estadístico descriptivo de la influencia de la temperatura de extracción

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					L.I	L.-S		
60,00	4	1,7453	1,30511	,65256	-,3315	3,8220	0,47	3,10
70,00	4	2,3695	2,52156	1,26078	-1,6429	6,3819	0,48	5,96
Total	8	2,0574	1,88847	,66767	0,4786	3,6362	0,47	5,96

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

En la tabla 8-4, se observa que al trabajar con una temperatura de extracción de 70°C hay un mayor rendimiento con el 2,369%, mientras que, al realizar la extracción a 60°C se tuvo un rendimiento de 1,745%.

Tabla 9-4: Análisis ANOVA-FISHER del tiempo de extracción

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,779	1	0,779	0,193	0,676
Intra-grupos	24,185	6	4,031		
Total	24,964	7			

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

Al tener un valor de $p= 0,676$ mayor a $0,050$ se acepta la hipótesis nula, es decir, la temperatura de extracción no influye en el porcentaje de rendimiento químico de la pectina obtenida.

4.2. Propiedades físico químicos de la pectina extraída

Para la determinación de la calidad de la pectina se realizó la caracterización de algunos parámetros como: humedad, acidez libre, peso equivalente, porcentaje de metoxilo, grado de

esterificación y contenido de ácido anhidro galacturónico. Además, cada parámetro se comparó con los requerimientos de la FAO. Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 10-4: Análisis físico químico de la pectina obtenida

ANÁLISIS	VALOR REFERENCIAL SEGÚN LA FAO	VALOR OBTENIDO (T4)
Humedad	Máximo 12 %	10,91 %
Acidez libre	-	0,21%
Peso equivalente	-	4190,22 mg/mEq
Porcentaje de metoxilo	Mínimo 6,70%	7,10 %
Grado de esterificación	Mínimo 60%	62,00 %
Ácido anhidro galacturónico	Mínimo 65%	68,00 %

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

Al evaluar las características físico químicos de la pectina obtenida por hidrólisis ácida a partir de residuos orgánicos de naranja, se obtuvo una humedad de 10,91%, lo cual, está dentro de la normativa de la FAO debido a que el límite máximo es del 12%. El porcentaje de humedad es un parámetro de calidad ya que permite evidenciar la cantidad de agua ligada y libre, además, a mayor porcentaje de humedad existirá mayor riesgo de contaminación bacteriana y pérdida de calidad de la pectina (Ramírez, 2019).

En un estudio sobre extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja asistida por microondas, al analizar el porcentaje de humedad se obtuvo 11,40% lo cual se considera aceptable al comparar con las características de la pectina comercial Merck que presenta 10,81% de humedad (Zegada, 2015).

Respecto a la acidez y peso equivalente en la pectina obtenida por residuos de naranja, se obtuvo 0,21% y 4190,22 mg/mEq respectivamente. La acidez libre es la cantidad de ácidos fuertes que se encuentran presentes en la muestra, mientras que, el peso equivalente es el número de carboxílicos libres que reaccionan con una base (Patiño, 2021).

Una investigación similar sobre la obtención de pectina de residuos de naranja aplicando las 3R (reducir, reutilizar y reciclar), al evaluar la acidez libre de la pectina obtuvo 0,46% y un peso equivalente de 2201,83 mg/mEq. Se considera que, las muestras con acidez libre de 0,44 mg/mEq y peso molecular de alrededor de 2402 mg/mEq corresponden a pectina de gelificación lenta (González et al., 2020, p. 88).

En cuanto al porcentaje de metoxilo se obtuvo un valor de 7,10%, el grado de esterificación de 62% y el ácido anhidro galacturónico de 68%, encontrándose dentro de los límites de calidad según la normativa de la FAO. Es importante mencionar que, el porcentaje de metoxilo se relaciona con la capacidad de gelificación de la pectina, por lo cual, debe existir un valor elevado de metoxilo para que la pectina pueda gelificar con facilidad, si tiene un valor entre 7-12% se consideran pectinas de alto metoxilo, por lo cual, se puede categorizar a la pectina obtenida a partir de residuos de naranja como una pectina de alto metoxilo y buena capacidad gelificante (Zegada, 2018, p. 67).

El grado de esterificación depende del origen de la pectina y del método que se use para la extracción, considerando que las pectinas que presenten más del 50% son de alto metoxilo y si la esterificación va de 60-68% son de gelificación lenta, tomando más de 5 minutos hasta gelificar. En este caso al haber obtenido 62% del grado de esterificación se clasifica a la pectina como pectina de gelificación lenta (Patiño 2021).

Respecto al ácido anhidro galacturónico al obtener 68% es un indicativo de pureza, ya que los límites por debajo de 65% representan contaminación o presencia de impurezas como xilanos, galactanos, hemicelulosa y otras sustancias susceptibles a precipitar en alcohol (Rodríguez y Roman 2017, p. 91).

4.3. Aplicación de la pectina obtenida de residuos de naranja

La pectina obtenida por el método de hidrólisis ácida fue aplicada en el área de la industria alimenticia, mediante la elaboración de mermelada, helado y mayonesa, con el fin de determinar el poder gelificante, estabilizante y emulgente respectivamente. Se obtuvieron los resultados presentados a continuación.

4.3.1. Elaboración de mermelada con pectina como agente gelificante

Se elaboró mermelada de fresa y se caracterizó el producto para determinar si cumplía con los estándares de calidad según la NTE INEN 419 sobre “Conservas vegetales-mermelada de frutas”. Se obtuvieron los resultados presentados a continuación.

Tabla 11-4: Análisis físico químico de la mermelada de fresa

ANÁLISIS	VALOR REFERENCIAL NTE INEN 419		MERMELADA CON PECTINA	MERMELADA SIN PECTINA	MÉTODO DE ENSAYO
	Mínimo	Máximo	Valor obtenido	Valor obtenido	Normativa
Sólidos solubles	65,00%	-	68,00 %	67,00 %	INEN 380
Cenizas	-	-	0.27%	0,25%	INEN 401
pH	2,80	3,50	3,20	3,48	INEN 389
Viscosidad			13668 centipoints a 20 rpm	8146,9 centipoints A 20 rpm	INEN 273

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

Al realizar los análisis físico químicos de la mermelada de fresa elaborada con pectina como agente gelificante, se obtuvo dentro de los sólidos solubles un valor de 67% a la mermelada sin pectina y 68% a la mermelada con pectina. Es importante considerar que según la NTE INEN 419, los sólidos solubles deben encontrarse entre el 65-70%, por lo cual, se cumple con la normativa (NTE INEN-419 1988, p. 4).

En cuanto a las cenizas no hay un valor de referencia, además, se obtuvo un valor bajo de 0,276% en mermelada con pectina y 0,251% en mermelada sin pectina, lo cual es un indicativo de la baja cantidad de residuos inorgánicos tras la incineración de la muestra de pectina (Aguiar, 2018, p. 65).

Respecto al pH, es importante que las mermeladas tengan un valor de 3,25 a 3,75, además, es importante considerar que la máxima estabilidad se encuentra a pH 4, caso contrario la mermelada cambia de consistencia y se alteran sus características. Sin embargo según la normativa el límite máximo es un pH de 3,5, por lo cual, la mermelada de fresa cumple con los estándares de calidad (Coronado, 2017, p. 17).

Un estudio sobre el diseño de un proceso industrial para la elaboración de mermelada a partir de zapallo, determinó que la cantidad de azúcar del 65% permite obtener un punto de gelificación adecuado, además, la pectina aporta las características de gelificación y estabilidad a la mermelada. Es importante considerar que la concentración adecuada de azúcar y un adecuado pH garantizan que el producto cumpla con las características sensoriales (Cuadrado, 2019, p. 9).

En el caso de la viscosidad se obtuvo 13668 cP en la mermelada con pectina, observando una buena viscosidad en el producto, ya que según la NTE INEN 2825 de jaleas y mermeladas, todos los productos deben tener un aspecto semilíquido, espeso y con buen grado de viscosidad.

Además, es importante considerar que la textura y viscosidad de las mermeladas va en dependencia de la calidad de la fruta, grado de maduración, relación de la pulpa y el azúcar y la cantidad del agente gelificante (NTE INEN, 1998, p. 4).

4.3.2. *Elaboración de helado con pectina como agente estabilizante*

Se elaboró helado y se caracterizó el producto para determinar si cumplía con los estándares de calidad según la NTE INEN 706:2013 sobre “Helados: requisitos”. Se obtuvieron los resultados presentados a continuación.

Tabla 12-4: Análisis sensorial del helado

PARÁMETRO SENSORIAL	HELADO CON PECTINA CARACTERÍSTICAS	HELADO SIN PECTINA CARACTERÍSTICAS
Apariencia	Agradable	Agradable
Textura	Duro	Blando
Sabor	Dulce	Dulce
Aroma	Fresa	Fresa

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

Al evaluar las características sensoriales del helado, se determinó que tanto la formulación con/sin pectina obtuvieron una apariencia agradable y homogénea, con sabor dulce y aroma a fresa, mientras que se evidenció diferencia en cuanto a la textura del producto, ya que el helado con pectina se mantuvo firme y consistente, demostrando que la pectina es un buen agente estabilizante.

Un estudio sobre los agentes estabilizantes más usados en la elaboración de helado por la Universidad del Valle en Colombia, determinó que, es importante contar con un estabilizante que mejore la estructura del alimento y permita una distribución fina y uniforme de las partículas, como por ejemplo carbohidratos, principalmente hemicelulosa que incluye la goma guar y la pectina, aportando a las propiedades físicas del alimento y mejorando los parámetros de calidad del helado (Jaimes et al., 2017, p. 67).

Tabla 13-4: Análisis físico químico del helado

ANÁLISIS	VALOR REFERENCIAL NTE INEN 706:2013	HELADO CON PECTINA VALOR OBTENIDO	HELADO SIN PECTINA VALOR OBTENIDO	MÉTODO DE ENSAYO
Ph	6,00-6,30	6,06 pH	6,27 pH	NTE INEN 706

Sólidos totales	20,00%	19,00%	19,00%	NTE INEN 014
Viscosidad	300,00-750,00 cP	363,50 centipoints (cP) a 100 rpm	131,10 centipoints a 100 rpm	NTE INEN 273
Grados brix	32,00-35,00 %	34,00 %	34,03 %	NTE INEN 273

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

Respecto a los parámetros de calidad físico químicos del helado, se determinó un pH de 6,06 en el caso del helado con pectina, el cual se halla dentro del rango permisible de 6 a 7, ya que deben tener un pH cercano a la neutralidad.

Un estudio sobre los parámetros físico químicos la relación de ácidos grasos en helados artesanales elaborados en la provincia de Tungurahua, determinó que, que todas las muestras de helado presentaron un pH de 5,9 a 6,5, estando dentro del rango permitido según la AOAC 981,12. Además, es importante conocer todas las propiedades del helado que podrían intervenir en su aporte nutricional (López, 2020, p. 23).

En cuanto a los sólidos totales se obtuvo un valor de 19%, es decir, existe un bajo porcentaje de materia suspendida en la muestra de helado, encontrándose dentro del rango permitido de la NTE INEN 706.

En la viscosidad se determinó 363,5 cP en el caso del helado con pectina y 131,1 cP en el helado sin el agente estabilizante, es importante determinar que el valor permitido oscila entre 300-750 cP, por lo cual, se comprueba que la formulación que tiene pectina presenta una mejor viscosidad y textura y por lo tanto, el helado con pectina presenta mejor calidad.

De acuerdo a un estudio de parámetros de calidad del helado, dentro de los análisis reológicos y de textura, se determinó que la viscosidad del helado es un importante parámetro de calidad, sin embargo, no es constante, ya que depende de la temperatura y de la composición, como el contenido de leche, materia grasa, azúcar o agente estabilizante, como es el caso de la pectina (Ramirez et al., 2019, p. 90).

4.3.3. *Elaboración de mayonesa con pectina como agente emulsificante*

Se realizó la elaboración de mayonesa y se caracterizó el producto para determinar si cumplía con los estándares de calidad según la NTE INEN 2 295:2010 sobre “Mayonesa-Requisitos”. Se obtuvieron los resultados presentados a continuación.

Tabla 14-4: Análisis sensorial de la mayonesa

PARÁMETRO SENSORIAL	MAYONESA CON HUEVO CARACTERÍSTICAS	MAYONESA CON PECTINA CARACTERÍSTICAS	MAYONESA CON PECTINA Y HUEVO CARACTERÍSTICAS
Olor	Agradable	No agradable	Agradable
Sabor	Acida	Ácida	Ácida
Color	Blanquecino	Amarillenta	Blanquecino
Textura y uniformidad	Creмосa – homogénea	Líquida – homogénea	Creмосa

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

Al hacer el análisis organoléptico de la mayonesa se determinó que el producto presentó un olor agradable en el caso de la mayonesa elaborada con huevo y pectina, presentó un sabor característico, color blanquecino y su textura fue cremosa.

De acuerdo a un estudio sobre el efecto emulsificante de goma xantana y pectina en la elaboración de mayonesa de soya, se determinó que, al incrementar el nivel del agente emulsificante incrementa la apreciación del color, mientras que en el caso del olor o sabor, la pectina no aporta cambios en las características del producto, ya que es un agente inoloro y no posee sabor (Muñoz, 2016, p. 3).

La pectina es un biopolímero que tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de agua y forma geles acuosos, facilitando el proceso de emulsificación por lo cual, es ampliamente usado para modificar la textura de salsas, mayonesa, ketchup, etc., (Silva et al., 2018).

Tabla 15-4: Análisis físico químico de la mayonesa

ANÁLISIS	VALOR REFERENCIAL NTE INEN 2 295:2010		MAYONESA CON HUEVO	MAYONESA CON PECTINA	MAYONESA CON HUEVO Y PECTINA	MÉTODO DE ENSAYO
	Mínimo	Máximo	Valor obtenido	Valor obtenido	Valor obtenido	Normativa
pH	-	4,10	4,10	3,38	3,19	NTE INEN 389
Viscosidad	350 cP	-	2988 cP	-	86,20 cP	NTE INEN CODEX 192

Realizado por: Cayambe, Jorge, 2022.

Al evaluar el pH de la mayonesa se obtuvo un valor de 3,38 en el caso de la mayonesa elaborada con pectina y 3,19 en la mayonesa elaborada a partir de huevo y pectina, por lo cual, se encuentran dentro de los límites de calidad y cumplen con las normativas INEN de la mayonesa. Según las especificaciones el pH de la mayonesa debe variar entre 3 y 4,1, además,

este parámetro es un indicador de la conservación del producto y de las condiciones higiénicas dentro del control de procesos. Se considera que a menor pH, la mayonesa incrementa el período de conservación, por lo cual, la formulación realizada a base de huevo y pectina tiene el menor pH y sería ideal por su período de preservación (Orozco, 2018, p. 32).

En la viscosidad se obtuvo un valor de 2988 cP en el caso de la mayonesa con huevo, mientras que, las formulaciones con pectina no presentaron viscosidad, por lo cual, no tienen una textura adecuada. La viscosidad es una propiedad relacionada con la resistencia al flujo y se considera que la presencia de grasa y aceite aportan estabilidad a la emulsión, por lo cual, las mayonesas que no tuvieron huevo en su formulación, no presentaron viscosidad adecuada (Correa 2015, p.12).

Un estudio sobre los acidulantes para la conservación de mayonesa, determinó que, el pH ácido de 3-3,5, está relacionado con las características ideales en sabor, olor, color, textura y mejora su tiempo de vida útil al disminuir el riesgo de contaminación bacteriana. Además, la mayonesa debe presentar una buena concentración de grasa, para garantizar que presente una adecuada viscosidad y textura. Por esto, es necesario controlar las condiciones de elaboración y utilizar un adecuado agente emulsificante, para obtener un producto que cumpla con los estándares de calidad (Basantes, 2017, p. 77).

CONCLUSIONES

Se realizó el proceso de extracción de pectina a partir de residuos de naranja por el método de hidrólisis ácida y se evaluó el rendimiento químico en ocho tratamientos donde se variaron las condiciones del pH, tiempo de extracción y temperatura de extracción de la pectina, obteniendo el mayor rendimiento de 5,595% en el tratamiento 4 (pH=1,5; tiempo de extracción= 60 minutos; temperatura de extracción= 60°C). Además, se realizó un análisis estadístico con un ANOVA mediante la prueba de Fisher, para evaluar la influencia del pH, tiempo y temperatura de extracción en el rendimiento químico y se evidenció que únicamente el pH influyó en el porcentaje de rendimiento, con un nivel de significancia de $p=0,014$.

En el análisis de las propiedades físico químicas de la pectina extraída de residuos de naranja, se determinaron los siguientes valores: humedad 10,91%, acidez libre 0,21%, peso equivalente de 4190,22 mEq/mg, porcentaje de metoxilo de 7,10%, grado de esterificación del 62% y el contenido de ácido anhidro galacturónico fue del 68%, categorizando a la pectina obtenida como una pectina de alto metoxilo, con poder gelificante y estabilizante, la cual, presentó los parámetros físico químicos dentro de los rangos permitidos en las normativas de calidad.

En la mermelada se evaluó el poder gelificante donde cumplió con los parámetros de calidad de la NTE INEN 419, al presentar un valor adecuado de pH y sólidos totales, aportando a la mermelada una adecuada viscosidad, textura y consistencia; respecto al helado se observó que la pectina le aportó una consistencia firme y además, cumplió con los parámetros de calidad en cuanto a pH (6,06), sólidos totales (19%), viscosidad (363,5 cP) y 34° Brix, mientras que en el caso de la mayonesa, se obtuvo la emulsión con textura líquida, homogénea, pH de 3,38, sin embargo, tuvo una baja concentración de la viscosidad, por lo que el producto no se mantuvo estable.

RECOMENDACIONES

Se debe verificar que las naranjas estén en óptimas condiciones antes de realizar la extracción de pectina por medio de hidrólisis ácida, para evitar cualquier riesgo de contaminación durante el proceso.

Es importante realizar la obtención de la pectina con otros ácidos orgánicos para comparar el porcentaje de rendimiento químico.

Se recomienda aprovechar el potencial que presenta la pectina obtenida de residuos de naranja por medio de hidrólisis ácida, con el fin de aplicarlo a nivel alimentario en la elaboración de diferentes productos.

Realizar los respectivos análisis complementarios de los productos elaborados como en el caso de la mayonesa llevar a cabo el análisis de grasa como prueba de control de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

ABRATE, F. *Evaluación de la estabilidad en helados de crema utilizando diferentes tipos de proteínas.* Evaluación de la estabilidad en helados de crema utilizando diferentes tipos de proteínas. 2018, pp. 1-169.

AGUIAR, J. *Utilización del chontaduro bactris gasipaes para la elaboración de mermelada en la ciudad de riobamba.* (Tesis), 2018, pp. 94.

ALMEIDA, C. *Diseño de un proceso piloto de extracción de pectina como gelificante a partir de residuos de la naranja.* Вестник Росздравнадзора, vol. 6, 2017, pp. 5-9.

AMARENDI, S. *Industria alimentaria y medio ambiente,* Industria alimentaria y medio ambiente, 2016.

ANDREA, C. *Diseño de una Planta Modular para la Elaboración de Licor de Naranja en el Cantón Caluma* [en línea], 2012. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/21112/2/caratula%20intro%20final%20a%20armas2301.pdf>

ÁVILA, J. et al. *Valor Nutricional de las Naranjas y Clementinas.* Componentes De Las Clementinas [en línea], 2009, pp. 10. Disponible en: <https://www.fen.org.es/storage/app/media/imgPublicaciones/432011819.pdf>.

BASANTES, E. *El estudio de acidulantes para la conservación de mayonesa,* El estudio de acidulantes para la conservación de mayonesa, vol. 10, no. 9, 2017, pp. 32.

BEÑATENA, A. *Los Cítricos.* Manual para productores de naranja y mandarina de la Región del Río Uruguay, 2015, pp. 1-6.

BOGDANOFF, N. *Optimización de los procesos de obtención y concentración de pectina de naranja.* vol. Optimización de los procesos de obtención y concentración de pectina de naranja. vol. 151, 2015, pp. 10-17.

BOUSHY, A. et al. *Tanning waste by-product from cattle hides, its suitability as a feedstuff.* *Bioresource Technology,* Tanning waste by-product from cattle hides, its suitability as a feedstuff. *Bioresource Technology,* vol. 35, no. 3, 2017, pp. 321-323.

CARRILLO, J. *Helados de leche*. Helados de leche. 2017.

CERÓN, I. y CARDONA, C. *Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de la cáscara de naranja*. *Ingeniería y Ciencia - ing.cienc.*, vol. 7, no. 13, 2016, pp. 65-86.

CHÁVEZ, J. *Extracción de pectina a partir de cáscara de "naranja criolla" (Citrus aurantium L.) proveniente de la Provincia de Rodríguez de Mendoza* *Extraction of pectin from peel"criolla orange" (Citrus aurantium L.) from Rodríguez de Mendoza* Pr. Investigaciones Amazonenses, vol. 3, no. 1, 2015, pp. 24-26.

CORONADO, M. *Elaboración de mermeladas*. *Elaboración de mermeladas*, vol. 96, no. 1-3, 2017, pp. 65-69.

CUADRADO, G. *Diseño de un proceso industrial para la elaboración de mermelada a partir del zapallo (cucurbita maxima) para la asociación asosambay de la parroquia bayushig*. *Diseño de un proceso industrial para la elaboración de mermelada a partir del zapallo (cucurbita maxima) para la asociación asosambay de la parroquia bayushig*. 2019.

DEVIA, J. *Proceso para producir pectinas cítricas*. *Proceso para producir pectinas cítricas*. 2017, pp. 21-29.

ESPINOSA, J. *Estudio de la sustitución parcial de mora por remolacha (Beta vulgaris var. conditiva) en la elaboración de mermelada de mora para la industria pastelera*. 2018, pp. 244.

FERREIRA, S. *Pectinas: Aislamiento, Caracterización Y Producción a Partir De Frutas Tropicales Y De Los Residuos De Su Procesamiento Industrial*. S.l.: s.n. ISBN 9789587018622.

FRANCIA, E. et al. *Mayonesa: Mayonnaise sauce*. [en línea], 2013, pp.573-574. [Consulta: 02 enero 2022]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/mayonesa_tcm30-102889.pdf

FRANCO, L. *Obtención de pectina a partir de la cáscara de pepino (Cucumis sativus) mediante hidrólisis ácida como aprovechamiento de residuos*. [en línea], 2022. Disponible en: https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/Franco_Carvache_Ivonne_Maoly.pdf.

GONZÁLEZ, N. et al. *Pectina de residuos de naranja aplicando el principio de las 3R*. Aibi

revista de investigación, administración e ingeniería, vol. 8, no. 2, 2020, pp. 84-91.

GUZMÁN, B. *Elaboración y evaluación de aderezos con base en okara.* Elaboración y evaluación de aderezos con base en okara.2017.

HERBAS, P. *Estudio de la influencia de grados Brix del chaguar mishque para la obtención de una bebida carbonatada tipo champagne.* Estudio de la influencia de grados Brix del chaguar mishque para la obtención de una bebida carbonatada tipo champagne. 2011, pp. 1-85.

INEC. *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2017.* Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC Inec, pp. 61.

INEN, 1985a. *Determinación de pH de conservas genetales.* Instituto Ecuatoriano De Normalización INEN 389, vol. 3, pp. 1-5.

INEN, 1985b. *Determinación De Sólidos Solubles.* Metodo Refractometrico. Instituto Ecuatoriano De Normalización, pp. 1-9.

INEN. *Determinación de cenizas en conservas vegetales.* , vol. 13, no. April, 2020, pp. 15-38.

JAIMES, S et al. *Estabilizantes más utilizados en helados* - pdf free download. Heladería panadería latinoamericana, vol. 251, no. September 2017. .

LAURENTE, R. *Efecto de la temperatura, tiempo y pH en el rendimiento de extracción de pectina en cascara de tumbo serrano (Passiflora tripartita L.).* 2018, pp. 1-59.

LÓPEZ, M. *Determinación de parámetros fisicoquímicos y la relación de ácidos grasos saturados e insaturados en helados artesanales de consumo masivo elaborados en la provincia de Tungurahua.* Sustainability (Switzerland), vol. 4, no. 1, 2020, pp. 1-9.

LÓPEZ, V. *Fortificación de cáscara de naranja (C. sinensis var Valencia) por impregnación con miel.* universidad Veracruzana. Maestria en ciencias alimentarias [en línea] 2014, pp. 111. Disponible en:
<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46746/LopezHernandezVeronica.pdf;jsessionid=65EB38B46D304394DEB5E66E2AC99E35?sequence=2>.

MEÑACA, C. *Evaluación de la calidad de las pectinas cítricas obtenidas apartir de las*

cáscaras de naranja de las variedades valencia y común, en estado de maduración grado cinco (5). [en línea] 2017, pp.210. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/20489/Tesis%20EVALUACION%20DE%20LA%20CALIDAD%20DE%20LAS%20PECTINAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

METTLER, T. *Instrucciones de manejo: Analizador de humedad.* Instrucciones de manejo: Analizador de humedad, pp. 17-37.

MORALES, R. *Extracción de pectina de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas.* Revista Científica Estudios e Investigaciones, vol. 8, 2019, pp. 271-272.

MOREIRAS, O et al. *Tablas de composición de alimentos.* 17th edición. [en línea] 2015, pp. 52-53. Disponible en: https://catedraalimentacioninstitucional.files.wordpress.com/2014/09/3-1-tablas_de_composicion_de_alimentos.pdf.

MOYA, A. *Biodiversidad fúngica endófito y epífita de Citrus sinensis, naranjo dulce, de dos localidades de la Región Litoral del Ecuador.* Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 106, no. 1, 2016, pp. 6465-6489.

MUÑOZ, A. *Caracterización de pectinas industriales de cítricos y su aplicación como recubrimientos de fresas.* Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC, 2016, pp. 1-75.

NAVARRETE, O. *Mermeladas De Frutas Y Citricos. Mermelada,* Mermeladas De Frutas Y Citricos. Mermelada, 2016, pp. 22.

NTE INEN-419, 1988. *Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria CONSERVAS VEGETALES REQUISITOS NTE INEN 419 Primera revisión 2 . 1 Mermelada de frutas . Es el producto obtenido por la cocción del ingrediente de fruta , como se define en el numeral 2 . 2 , mezclado con azúcares , o. Inen,*

OROZCO, M. *Elaboración y comercialización de una mayonesa fit.* Elaboración y comercialización de una mayonesa fit. 2018.

PAGAN, J. *Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocotón.* Alicante: Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, 2005, pp. 1-138.

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

RAMÍREZ, C. *Obtención de pectina a partir de cáscaras de zanahoria blanca (arracacia xanthorrhiza) zanahoria amarilla.* 2019.

RAMIREZ, J et al. *Parámetros de calidad en helados.* Revista RECITEIA, vol. 15, no. 1, 2019. pp. 79-94.

REA, L *Determinación del poder gelificante de la pectina extraída de la cáscara de maracuyá para la elaboración de postres.* Pontificia Universidad Católica del Perú, vol. 8, no. 33, 2015, pp. 44.

RODRIGUEZ, K. & ROMAN, A. *Extracción y evaluación de pectina a partir de la cascara de la naranja de las variedades Citrus sinensis y Citrus paradisi y propuesta de diseño de una planta piloto para su producción». Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador, El Salvador., no. 1995, 2017, pp. 11-95.*

SILVA, N. et al. *Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana.* Ingeniería Industrial, no. 26, 2015, pp. 175-199.

SILVA, N. et al. *Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana.* Ingeniería Industrial, no. 26, 2018, pp. 175-199.

SOSA, A. *Pectinas.* Pectinas.2018.

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

TORRES, B. et al. *Propiedades de la pectina como agente emulsionante de aceite de uva.* Amidq, Propiedades de la pectina como agente emulsionante de aceite de uva. Amidq, vol. 53, no. 9, 2015, pp. 1689-1699.

VARGAS, M., et al. *Aprovechamiento de cáscaras de frutas: análisis nutricional y compuestos bioactivos.* CIENCIA ergo sum, vol. 26, no. 2, 2019, pp. 1-11.

VITERI, M. & TAPIA, M. *Economía ecuatoriana: de la producción agrícola al servicio.* *Revista Espacios*, . Economía ecuatoriana: de la producción agrícola al servicio. *Revista Espacios*, vol. 39, no. 32, 2018, pp. 30.

ZEGADA, V. *Pectin Extraction From Orange Peels Waste By Microwave Assisted Acid.* *Centro de Investigaciones de Procesos Industriales (CIPI)*, vol. 1, no. 15, 2015, pp. 65-76.

ZHONGDONG, L. et al. *Estudio de imagen de extracción de pectina de piel de naranja asistida por microondas.* [en línea], 2005. Disponible en: DOI 10.1016/j.carbpol.2005.11.006.



ANEXOS

ANEXO A: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE LOS RESIDUOS DE NARANJA

		
<p>Ilustración 1A. Recolección de residuos de naranja del restaurante N. 1</p>	<p>Ilustración 2A. Recolección de residuos de naranja del restaurante N. 2</p>	<p>Ilustración 3A. Recolección de residuos de naranja del restaurante N. 3</p>
		
<p>Ilustración 4A. Recolección de residuos de naranja del restaurante N. 4</p>	<p>Ilustración 5A. Recolección de residuos de naranja del restaurante N. 5</p>	<p>Ilustración 6A. Aplicación de los criterios de inclusión y exclusión.</p>

ANEXO B: LAVADO Y SECADO DE LAS MUESTRAS DE RESIDUOS DE NARANJA



Ilustración 1B. Lavado.



Ilustración 2B. Troceado.



Ilustración 3B. Secado de los residuos de naranja a 70 °C, durante 24 horas hasta un 10 % de humedad.



Ilustración 4B. Residuos de naranjas seca.

ANEXO C: PROCESO DE HIDRÓLISIS ÁCIDA



Ilustración 1C. Pesaje de los residuos de naranja seca.

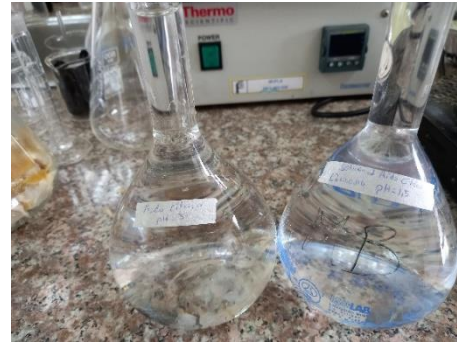


Ilustración 2C. Preparación de las soluciones de ácido cítrico a las diferentes concentraciones.



Ilustración 2C. Inactivación enzimática.



Ilustración 3C. Hidrólisis acida en el equipo SHAKER.



Ilustración 5C. Hidrólisis acida tratamiento 1



Ilustración 6C. Hidrólisis acida tratamiento 2



Ilustración 7C. Hidrólisis ácida tratamiento 3



Ilustración 8C. Hidrólisis ácida tratamiento 4

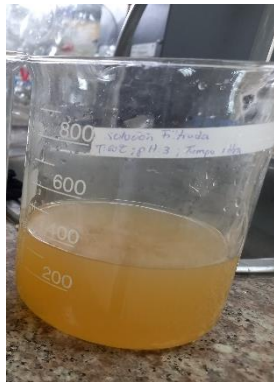


Ilustración 9C. Hidrólisis ácida tratamiento 5



Ilustración 10C. Hidrólisis ácida tratamiento 6

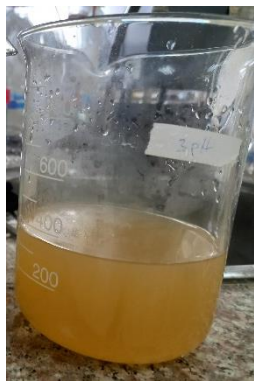





Ilustración 11C. Hidrólisis ácida tratamiento 7



Ilustración 12C. Hidrólisis ácida tratamiento 8

ANEXO D: PECTINA CON EL MEJOR RENDIMIENTO QUÍMICO-TRATAMIENTO 4

 <p>Ilustración 1D. Pectina - Tratamiento 4 (Repetición 1).</p>	 <p>Ilustración 2D. Pectina - Tratamiento 4 (Repetición 2).</p>	 <p>Ilustración 3D. Pectina - Tratamiento 4 (Repetición 3).</p>
---	---	---

ANEXO E: ACIDEZ Y PESO EQUIVALENTE DE LA PECTINA



Ilustración 1E. Preparación de los materiales para la titulación.



Ilustración 2E. Titulación de acidez libre.



Ilustración 3E. Titulación del Peso Equivalente

ANEXO F: ELABORACIÓN DE LA MERMELADA Y EL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO



Ilustración 1F. Preparación de materiales.



Gráfico 2F. Inactivación enzimática de la fresa.



Ilustración 3F. Adición de la pectina diluida al 1%.



Ilustración 4F. Embazado de la mermelada



Ilustración 5F. Mermelada con pectina y sin pectina



Ilustración 6F. Análisis cenizas de la mermelada.



Ilustración 7F. Análisis del pH.



Ilustración 8F. Viscosidad.

ANEXO G: ELABORACIÓN DEL HELADO Y EL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO



Ilustración 1G. Preparación de los ingredientes para la elaboración del helado.



Ilustración 2G. Mezclado de los ingredientes

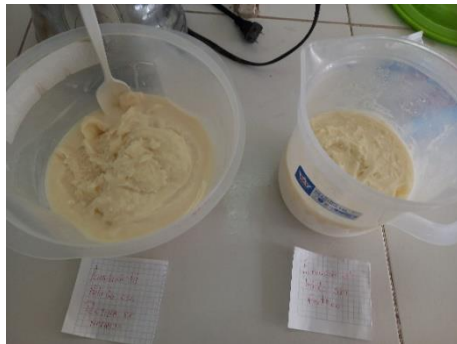


Ilustración 3G. Helado a base de pectina y sin pectina



Ilustración 4G. pH del helado con pectina



Ilustración 5G. Viscosidad del helado con pectina.



Ilustración 6G. Grados Brix del helado.

ANEXO H: ELABORACIÓN DE LA MAYONESA Y EL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO



Ilustración 1H. Preparación de los ingredientes para la elaboración de la mayonesa.



Ilustración 2H. Homogenización de los ingredientes.



Ilustración 3H. Embazado de la mayonesa.



Ilustración 4H. Mayonesa con pectina, sin pectina y huevo



Ilustración 5H. pH de la mayonesa.



Ilustración 6H. Viscosidad de la mayonesa.



esPOCH

**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: Jorge Daniel Cayambe Criollo
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Bioquímica y Farmacia
Título a optar: Bioquímico Farmacéutico
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo



0082-DBRA-UPT-2023