UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

TEMA:

EXTRACCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE CÁSCARAS DE MANDARINA *(Citrus reticulata)*, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE HIDRÓLISIS ÁCIDA, Y SU APLICACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO AGROINDUSTRIAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de INGENIERO/A AGROINDUSTRIAL Otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de AGROINDUSTRIA.

AUTOR(A):

VÁSQUEZ GUANO KARLA JAQUELINE

TUTOR:

ING. JUAN GAIBOR CHÁVEZ PhD.

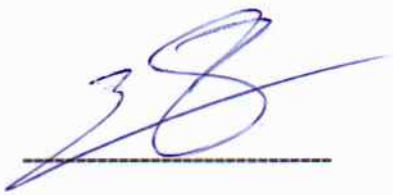
GUARANDA – ECUADOR

2025

TEMA

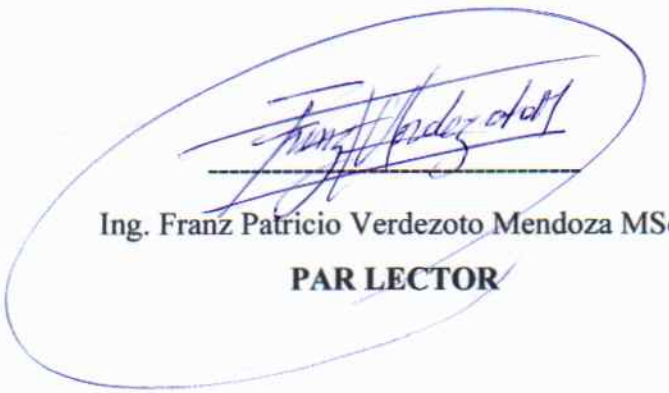
EXTRACCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE CÁSCARAS DE MANDARINA *(Citrus reticulata)*, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE HIDRÓLISIS ÁCIDA Y SU APLICACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO AGROINDUSTRIAL.

REVISADO Y APROBADO POR:



Ing. Juan Alberto Gaibor Chávez PhD.

TUTOR



Ing. Franz Patricio Verdezoto Mendoza MSc.

PAR LECTOR



Ing. Deysi Guanga Chunata MSc.

PAR LECTORA

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Karla Jaqueline Vásquez Guano, con C.I. 1724734379 declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.

Karla Jaqueline Vásquez Guano

C.I. 1724734379

Ing. Juan Alberto Gaibor Chávez PhD.

C.I. 0201051687

...o otorgó ante mi y en fe de ello confiero ésta ...cuarta... copia certificada, firmada y sellada en 2 fs
Guaranda, 08 de Diciembre del 2025

Dr. Hernán Criollo Arcos
NOTARIO SEGUNDO DEL CANTON GUARANDA

NOTARÍA SEGUNDA
DR. HERNÁN CRIOLLO ARCOS
Guaranda - Ecuador

20250201002P01591 DECLARACION JURAMENTADA
OTORGA: KARLA JAQUELINE VASQUEZ GUANO
CUANTIA: INDETERMINADA
DI 2 COPIAS

En la ciudad de Guaranda, provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día lunes ocho de diciembre de dos mil veinticinco, ante mí DOCTOR HERNÁN RAMIRO CRIOLLO ARCOS, NOTARIO SEGUNDO DE ESTE CANTÓN, comparece la señorita Karla Jaqueline Vásquez Guano, por sus propios derechos, de estado civil soltera, domiciliada en la parroquia San Miguel de Salcedo, cantón Salcedo, provincia Cotopaxi y de tránsito por esta ciudad, con celular número: cero nueve nueve cinco cinco cero seis siete nueve cero, correo electrónico: vasquezjaqueline442@gmail.com. La compareciente es de nacionalidad ecuatoriana, mayor de edad, a quien de conocerla doy fe en virtud de haberme exhibido su cédula de ciudadanía en base a la que procedo a obtener su certificado electrónico de datos de identidad ciudadana, del Registro Civil, mismo que agrego a esta escritura como documento habilitante; bien instruida por mí el Notario en el objeto y resultados de esta escritura de Declaración Juramentada que a celebrarla proceden, libre y voluntariamente.- En efecto juramentado que fueron en legal forma previa las advertencias de la gravedad del juramento, de las penas de perjurio y de la obligación que tiene de decir la verdad con claridad y exactitud, declaran lo siguiente: "Que previo a la obtención del Título de Ingeniera Agroindustrial, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, de la carrera de Agroindustria manifestó que los criterios e ideas emitidas en el presente Proyecto de investigación Titulado: **"EXTRACCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE CÁSCARAS DE MANDARINA (*Citrus reticulata*), MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE HIDRÓLISIS ÁCIDA Y SU APLICACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO AGROINDUSTRIAL"**, es de mi exclusiva responsabilidad en calidad de autora, además autorizo a la Universidad Estatal de Bolívar hacer uso de todos los contenidos que me pertenece o parte de los que contiene esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Es todo cuanto tengo que decir en honor a la verdad". Hasta aquí la declaración juramentada que junto con los documentos anexos y habilitantes que se incorpora queda elevada a escritura pública con todo el valor legal, y que la compareciente acepta en todas y cada una de sus partes, para la celebración de la presente escritura se observaron los preceptos y requisitos previstos en la Ley Notarial; y, leída que le fue a la compareciente por mí el Notario, se ratifica y firma conmigo en unidad de acto quedando incorporada en el Protocolo de esta Notaría, de todo cuanto DOY FE.

Karla Jaqueline Vásquez Guano
C.C. 1724734379

DR. HERNÁN RAMIRO CRIOLLO ARCOS
NOTARIO SEGUNDO DE CANTÓN GUARANDA

NOTARIA SEGUNDA
DR. HERNÁN CRIOLLO ARCOS
Guaranda - Ecuador

CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

Tesis_Pectina_Karla Vasquez_original

10%
Textos sospechosos

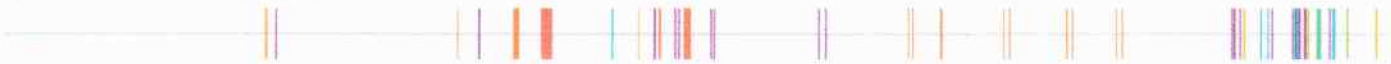
- 6% Similitudes (ignorado)
  0 % similitudes entre comillas
  < 1 % entre las fuentes mencionadas (ignorado)
- 2% Idiomas no reconocidos
- 7% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Tesis_Pectina_Karla Vasquez_original.pdf
ID del documento: 3f95ba623bb666c308de042945b344f74fb49133
Tamaño del documento original: 3,4 MB

Depositante: ISIDRO FAVIAN BAYAS MOREJON
Fecha de depósito: 10/12/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 10/12/2025

Número de palabras: 19.508
Número de caracteres: 143.000

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	vivergil.es | Naranjo Imperial Dulce - Citrus sinensis C-20 (80/90) https://vivergil.es/arboles-frutales/179-naranjo-c-30.html 5 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (193 palabras)
2	hdl.handle.net | Rendimiento de pectina de la cáscara de naranja (Citrus sinensis... http://hdl.handle.net/20.500.14074/4160 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (141 palabras)
3	noesis.uis.edu.co https://noesis.uis.edu.co/bitstreams/d1c5dfdf-3fe5-46f9-b807-4830f8385d44/download 5 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (111 palabras)
4	www.fen.org.es https://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/mandarina.pdf 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (96 palabras)
5	repositorio.unj.edu.pe | Incidencia de las Fases Lunares y Sustratos en el Poder ... http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/403 5 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (90 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	| Diseño de un proceso para la obtención de pectina de la corteza del limón de la ... /var/dspace/bitstream/15000/11184/3/CD-6413.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
2	www.deguate.com | Producción de Naranja en Guatemala | DEGUATE.com https://www.deguate.com/economia/produccion/produccion-de-naranja-en-guatemala.shtml	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
3	hdl.handle.net | Estudio del potencial de hidrógeno salival en niños con ingesta ... https://hdl.handle.net/20.500.12990/4646	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)
4	repositorioslatinoamericanos.uchile.cl | Caracterización bromatológica y micro... https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3699347	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
5	hdl.handle.net | Aportes de la investigación en cítricos al manejo agroecológico d... http://hdl.handle.net/20.500.12324/730	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (18 palabras)

Fuente ignorada
Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	dspace.ueb.edu.ec https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/edf7399f-40e8-42fd-aaf9-cc6d1b1791c...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (86 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)
Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1. https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/carotenoid
2. https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/mesocarp
3. http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8428
4. http://alejandria.ufps.edu.co/descargas/tesis/1610871
5. https://doi.org/10.17268/agroind.science.2013.02.01

Ing. Juan Alberto Gaibor Chavez PhD.
TUTOR

DEDICATORIA

A dios, por darme la oportunidad de estar aquí de pie a pesar de las adversidades presentadas cada día y por estar siempre conmigo y ser mi pilar fundamental, el brindarme la fortaleza, paz y resiliencia en mi vida para poder avanzar un poco más.

A mis padres Carlos y Piedad, por darme su amor y apoyo sin dudarlo, además de darme la confianza de crecer como persona y como ser humano, sus desvelos en los hospitales por una enfermedad que parecía incurable, luchas constantes, han dado frutos el día de hoy. Mil gracias por darme esta oportunidad de estudiar para un mejor futuro todo esto se los debo a ustedes, los amo y aprecio con todo mi corazón.

A mis abuelitos que están en el cielo Ofelia y Manuel, por ser mis guías y mis angelitos de la guarda que nunca me dejaron caer la promesa esta cumplida, gracias por cuidarme y brindarme su amor incondicional, sus consejos, sabias palabras y abrazos. A mi abuelita Mercedes un dios le pague por apoyarme en este proceso, darme sus consejos y abrazos con amor.

A Jefferson.T.C por ser parte de este proceso, brindarme su ayuda incondicional y estar en los momentos más difíciles de esta etapa, agradecerle infinitamente por sus actos de paciencia, comprensión y apoyo que me ha brindado abiertamente.

Karla Jaqueline Vásquez Guano

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mis padres Carlos y Piedad, a mis abuelitos Ofelia y Manuel, y a mi abuelita Mercedes, por haberme acompañado en este proceso y guiado con sus consejos cada día.

Agradezco a mi tutor el Ing. Juan Gaibor Chávez PhD., a mis pares lectores el Ing. Frans Verdezoto MSc. y Ing. Deysi Guanga, por su tiempo y enseñanzas impartidas en el transcurso de esta investigación.

Agradeciendo también a todos los docentes que me brindaron su apoyo y ayuda incondicional en especial ala In. Erika Cortez gracias por su tiempo y paciencia, brindado en este transcurso.

Mi agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolívar, a la carrera de Agroindustrias por abrirme las puertas para cumplir mi meta, gracias por cada experiencia compartidas dentro y fuera de las aulas, las enseñas, nuevos conocimientos y palabras de aliento.

Un profundo agradecimiento a la Fundación Sembres, Lic. Sasquia, y todo su equipo de trabajo, agradecerles infinitamente por la oportunidad y apoyo que me han brindado a mis padrinos de beca Benno y Fabian, gracias por apoyarme en todo sentido a pesar de que están lejos de este país.

Finalmente, agradezco a todas las personas que conformaron parte de este proceso amigas y amigos, cada una de las personas que me brindaron su palabra de apoyo y aliento los llevo en mi corazón un dios le pague a todos.

Karla Jaqueline Vásquez Guano

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido **Pág.**

DEDICATORIA IV
AGRADECIMIENTO..... V
ÍNDICE DE CONTENIDOS VI
ÍNDICE DE TABLAS XI
ÍNDICE DE FIGURAS..... XIII
ÍNDICE DE ANEXOS..... XIV
RESUMEN..... XV
SUMMARY XVI
CAPÌTULO I..... 1

1.1 INTRODUCCIÓN 1

1.2 PROBLEMA 3
1.2.1 Formulación del problema 3
1.2.2 Sistematización del problema 3

1.3 OBJETIVOS 5
1.3.1 Objetivo general 5
1.3.2 Objetivos específicos 5

1.4 HIPÓTESIS 6
1.4.1 Hipótesis nula 6
1.4.2 Hipótesis alterna 6
CAPÌTULO II 7
2 MARCO TEÓRICO 7

2.1 Producción de mandarina 7
2.1.1 Producción mundial de mandarina 7
2.1.2 Producción de mandarina en el Ecuador 9
2.1.3 Producción de mandarina en la provincia de Bolívar 11

2.2 Variedades de mandarina que existen dentro del Ecuador..... 12
2.2.1 Mandarina criolla (*Citrus reticulata Criolla*) 12
2.2.2 Mandarina verde o cascaruda *(Citrus nobilis Loureiro)* 13
2.2.3 Mandarina hibrida sin pepas *(Citrus tangerina)* 14
2.2.4 Mandarina satsuma *(Citrus unshiu)* 15

2.3 Mandarina *(Citrus reticulata)* 15
2.3.1 Generalidades de la mandarina (*Citrus reticulata)* 15
2.3.2 Taxonomía de la mandarina 17
2.3.3 Características de la mandarina.....17
2.3.4 Valor nutricional de la mandarina.....18
2.3.5 Beneficios del albedo de mandarina 19
2.3.6 Requerimientos edafoclimáticos 20

2.4 Aprovechamiento de los residuos biomásicos. 21
2.4.1 Cáscara de mandarina 21
2.4.2 Composición química de la cáscara de mandarina 22
2.4.3 Beneficios de la cáscara de mandarina.....22
2.4.4 Parámetros de selección de la cáscara de mandarina 23
2.4.5 Industrialización de la cáscara de mandarina.....24
2.4.6 Usos industriales de la cáscara de mandarina 24

2.5 Métodos de extracción 25
2.5.1 Extracción hidrólisis ácida 25

2.6 Pectinas 25
2.6.1 Clasificación de las pectinas 26
2.6.1.1 Ácidos pécticos: 26
2.6.1.2 Ácidos pectínicos: 26
2.6.1.3 Protopectina: 26
2.6.2 Aplicación de las pectinas.....27
2.6.3 Industria Cosmética.....27
2.6.4 Industria Alimentaria 27
2.6.5 Sector Medicinal.....28

2.6.6 Determinación de propiedades físicas....28
2.6.7 Determinación de propiedades químicas....28

2.7 Pectinas de cítricos....29
2.7.1 Calidad de pectinas....29
2.7.2 Pectinas de mandarina....29
2.7.3 Requisitos físicos y químicos de pectinas de mandarina....30
2.7.4 Espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier (FT-IR)....30
2.7.5 Propiedades químicas....30

2.8 Usos de pectinas de cítricos....31
2.8.1 Industria alimentaria....31
2.8.2 Medicina....31
2.8.3 Industria de productos de limpieza....31
2.8.4 Industria cosmética y farmacéutica....31
2.8.5 Mermelada según la norma NTE INEN 419....31
3. MARCO METODOLÓGICO....33

3.1 Ubicación de la investigación....33
3.1.1 Localización de la investigación....33
3.1.2 Situación geográfica y climática de la localidad....33
3.1.3 Zona de vida....34

3.2 Materiales....34
3.2.1 Material experimental....34
3.2.2 Materiales de campo....34
3.2.3 Materiales de laboratorio....34
3.2.4 Reactivos....35
3.2.5 Equipos....35

3.3. Métodos....37

3.3.1 Factores de estudio....37
3.3.3 Diseño experimental....38
3.3.5 Análisis estadístico....40

3.3.6 Modelo de análisis de varianza (ANOVA) 40

3.4 Metodología experimental 41

3.4.1 Proceso de extracción de la pectina 41
3.5.1 Características físicas de la cáscara de mandarina 44
3.5.2 Análisis proximal de la cáscara de mandarina 44
3.5.3 Análisis elemental de la cáscara de mandarina 44
3.5.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL 45

3.5.4.1 Determinación de pectina..... 45
3.5.5. Variables experimentales 45
3.5.5.1 Contenido de metoxilo 45
CAPÍTULO IV 46
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 46

4.1 Caracterización química y física la materia prima 46
4.1.1 Propiedades químicas y físicas de la mandarina 46
4.1.2 Análisis elemental de la cáscara de mandarina criolla (*Citrus reticulata*).47

4.2 Determinación del efecto de cada factor y optimización del proceso..... 47
4.2.1 Análisis elemental de la pectina extraída de cascara de mandarina.....49
criolla 49
4.2.3 Caracterización del mejor tratamiento de la pectina 50
4.2.4 Análisis de la varianza (ANOVA) para el rendimiento de la obtención....50
de la pectina.....50
4.2.4 Análisis de la varianza (ANOVA) para variable respuesta nitrógeno 52
4.2.5 Análisis de la varianza (ANOVA) para la variable respuesta carbono 57
4.2.6 Análisis de la varianza (ANOVA) para la variable respuesta hidrógeno...62

4.3 Análisis de calidad del mejor tratamiento 67

2.4 Análisis determinación de pureza en la pectina obtenida 68

4.5 Utilización de la pectina del mejor tratamiento en un producto agroindustrial
69

4.5.1 Elaboración de mermelada con pectina como agente gelificante 69
4.6 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS 73
4.6.1 Hipótesis nula (H_o) 73
4.6.2 Hipótesis alterna (H_a) 73
4.6.3 Comprobación de la hipótesis 73
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 74
5.1 Conclusiones 74
5.2 Recomendaciones..... 74
BIBLIOGRAFÍA.....76
ANEXOS.....1

ÍNDICE DE TABLAS

N°	Detalle	Pág.
1.	Producción mundial de mandarinas y tangerinas en toneladas métricas	8
2.	Producción de mandarinas en el Ecuador año 2004 – 2024	10
3.	Clasificación taxonómica de la mandarina	17
4.	Valor nutricional de la mandarina	19
5.	Composición física y química aproximada de la cáscara de mandarina	22
6.	Parámetros para la selección de la cáscara de mandarina	23
7.	Localización de la investigación	33
8.	Aspectos generales del territorio	33
9.	Características de la experimentación	38
10.	Matriz diseño 2^3	39
11.	Modelo de análisis de varianza (ANOVA) para el diseño en arreglo factorial de 2^3	40
12.	Propiedades químicas y físicas de la mandarina criolla (Citrus reticulata)	46
13.	Análisis elemental de la mandarina criolla (Citrus reticulata	47
14.	Rendimiento de la pectina por cada tratamiento	48
15.	Análisis elemental de la pectina	49
16.	Condiciones óptimas de extracción de la pectina	50
17.	Análisis de varianza de la variable respuesta Rendimiento	50
18.	Pruebas de Múltiple Rangos para Rendimiento por Factor A (pH)	51
19.	Análisis de varianza de la variable respuesta Nitrógeno	52
20.	Pruebas de Múltiple Rangos para Nitrógeno por Factor A (pH)	53
21.	Pruebas de Múltiple Rangos para Nitrógeno por Factor C (Tiempo)	54
22.	Análisis de varianza de la variable respuesta carbono	57
23.	Pruebas de Múltiple Rangos para Carbono por factor A (pH)	58
25.	Análisis de varianza de la variable respuesta Hidrógeno	62
26.	Pruebas de Múltiple Rangos para Hidrógeno por Factor A (pH)	63
27.	Pruebas de Múltiple Rangos para Hidrógeno por Factor por factor B temperatura	64
28.	Análisis de varianza de la variable respuesta Azufre	66

29. Parámetros de calidad 67
30. Espectros FT-IR de la pectina 68

ÍNDICE DE FIGURAS

N° **Detalle** **Pag.**

1. Países con más producción de mandarinas a nivel mundial 8
2. Producción de mandarinas en el Ecuador en Tm 11
3. Mandarina criolla 13
4. Mandarina verde o cascaruda 14
5. Mandarina hibrida sin pepas 14
6. Mandarina satsuma 15
7. Mandarina 16
8. Anatomía de la mandarina 16
9. Representación geométrica del diseño 39
10. Diagrama de flujo extracción de pectina por hidrolisis ácida 43
11. Gráfico de medias del factor pH 51
12. Gráfico de medias del factor pH de la variable respuesta Nitrógeno 53
13. Gráfico de medias del factor tiempo para la variable respuesta Nitrógeno 54
14. Interacción de los niveles del factor A x B 55
15. Interacción de los niveles del factor A x C 56
16. Interacción de los niveles del factor B x C 56
17. Gráfico de medias del factor pH de la variable respuesta Carbono 58
18. Gráfico de medias del factor tiempo para la variable respuesta Carbono 59
19. Interacción de los niveles del factor A x B 60
20. Interacción de los niveles del factor B x C 61
21. Gráfico de medias del factor pH de la variable respuesta Hidrógeno 63
22. Gráfico de medias del factor temperatura de la variable respuesta Hidrogeno 63
23. Interacción de los niveles del factor A x B 65
24. Mermelada de mora envasada 71
25. Etiqueta del producto 71
26. Etiquetado de la mermelada de mora 72

ÍNDICE DE ANEXOS

N°	Detalle	Pág.
1.	Mapa de ubicación del Laboratorio de Investigación y Vinculación de la UEB	1
2.	Mapa de ubicación del Laboratorio general de la UEB	1
3.	Informe análisis elemental y caracterización de la cáscara de mandarina criolla	2
4.	Informe de análisis elemental y proximal de la pectina	4
5.	Informe de análisis de espectroscopia infrarroja por transformada de fourier (FT-IR) en pectina extraida	7
6.	Informe de análisis de espectroscopia infrarroja por transformada de fourier (FT-IR) en pectina comercial	8
7.	Informe de análisis parámetros requeridos	10
8.	Análisis fisico y quimico de la materia prima	11
9.	Extracción de pectina por hidrolisis ácida	12
10.	Elaboración mermelada de mora	17
11.	Glosario de términos técnicos	22

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue extraer la pectina a partir de cáscaras de mandarina *(Citrus reticulata),* mediante la metodología de hidrólisis ácida, y su aplicación en la elaboración de un producto agroindustrial. Se realizó una revisión bibliográfica acerca de la cáscara de mandarina, sus variedades, los métodos de extracción de pectina a través de hidrolisis ácida. La materia prima se obtuvo de la zona de Echeandía, la parte experimental se realizó en el laboratorio de Vinculación e investigación de la Universidad Estatal de Bolívar. Se empleo un diseño factorial 2^3, donde se estudiará el efecto de tres factores en dos niveles cada. El diseño constará de $2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$ tratamientos diferentes. La región experimental será un cubo regular centrado en el origen (0, 0, 0), cuyos vértices son los ocho tratamientos. La matriz del diseño se construirá alternando el signo menos y el signo más en la primera columna, dos menos y dos más en la segunda columna, y cuatro menos y cuatro más en la tercera columna. El proceso de extracción de la pectina se realizó bajo las mismas condiciones a los tratamientos, efectuándose la hidrólisis ácida a 90 °C por 60 minutos a un pH de 1,5 ajustado con ácido clorhídrico, los resultados experimentales fueron analizados mediante el software Statgraphics, donde se realizó el análisis de varianza y la prueba de Tukey para la separación de medias. Determinándose que la cáscara de mandarina criolla contiene una humedad total (74,25%), humedad base seca (71,74%), cenizas base fresca (0,16%), cenizas base seca (0,62%), volátiles base fresca (98,07%), y volátiles en base seca (%) 31,72, realizado bajo métodos y normas. La pectina que presenta mayor índice de metoxilo es de (8,00 %), pH ácido óptimo de (3,5), y una alta concentración de sólidos solubles (4,20), la fuerza gelificante es de 500 grados °SAG, y de ácido galacturónico (AG) del (79,73 %) y un rendimiento de (9,12 %), estos datos corresponden a la cáscara de mandarina criolla proveniente de Echeandía. Como conclusión se menciona que la cáscara de mandarina, constituye una abundante materia prima presente en el Ecuador para la obtención de productos agroindustriales de calidad el cual un claro ejemplar es la pectina que se reporta en esta investigación.

Palabras claves: cáscara, pectina, hidrólisis ácida, mandarina, textura.

SUMMARY

The objective of this research was to extract pectin from mandarin peels (*Citrus reticulata*) using acid hydrolysis and to explore its application in the production of an agro-industrial product. A literature review was conducted on mandarin peels, their varieties, and methods for pectin extraction through acid hydrolysis. The raw material was obtained from the Echeandía region, and the experimental work was carried out in the Research and Outreach Laboratory of the State University of Bolívar. A 2^3 factorial design was used, studying the effect of three factors at two levels each. The design consisted of $2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$ different treatments. The experimental region was a regular cube centered at the origin (0, 0, 0), with the eight treatments at its vertices. The design matrix was constructed by alternating minus and plus signs in the first column, two minus and two plus signs in the second column, and four minus and four plus signs in the third column. The pectin extraction process was carried out under the same conditions as the treatments, with acid hydrolysis performed at 90 °C for 60 minutes at a pH of 1.5 adjusted with hydrochloric acid. The experimental results were analyzed using Statgraphics software, where analysis of variance and Tukey's test for mean separation were performed. It was determined that the peel of Creole mandarin contains total moisture (74.25%), moisture (dry basis) (71.74%), ash (fresh basis) (0.16%), ash (dry basis) (0.62%), volatiles (fresh basis) (98.07%), and volatiles (dry basis) (31.72%), according to established methods and standards. The pectin with the highest methoxyl index (8.00%), optimal acidic pH (3.5), and high soluble solids concentration (4.20%) was obtained. Its gelling strength was 500 °SAG, its galacturonic acid (GA) content was 79.73%, and its yield was 9.12%. These data correspond to the peel of the native mandarin variety from Echeandía. In conclusion, mandarin peel is an abundant raw material available in Ecuador for obtaining high-quality agro-industrial products, a prime example of which is the pectin reported in this research.

Keywords: peel, pectin, acid hydrolysis, mandarin, texture.

CAPÌTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

La FAO reconoce a la pectina como un aditivo seguro que no tiene restricciones, es el principal hidrocoloide en el tratamiento en productos agroindustriales ya que se puede transformar a la textura de compota, gelatina y mermelada.

La extracción de pectina mediante hidrólisis ácida es un método ampliamente estudiado debido a su eficacia para producir pectina de alta calidad a partir de diversas fuentes naturales. Esta técnica consiste en tratar los materiales vegetales con ácido para descomponer los componentes de la pared celular y facilitar la liberación de pectina. Las siguientes secciones detallan el proceso de extracción, las condiciones óptimas y los estudios comparativos sobre las fuentes de pectina Muñoz et al., (2023).

La pectina es un polisacárido compuesto por aproximadamente 300 a 1000 unidades de monosacáridos que se encuentra presente en la pared celular de las plantas. Su función en la célula está ligada a la rigidez de la pared y la resistencia de los tejidos de la planta. Se caracteriza por ser soluble en agua y la unión con azúcares y ácidos de la fruta para la formación de geles, siendo de amplio uso como espesante, gelificante, estabilizante y emulsificante para productos en la industria de alimentos, farmacológicos, cosmetológicos, etc Jiménez et al., (2018).

Las principales fuentes de pectina natural son el residuo de la fruta, son los desechos que en gran medida no se agregan y son fáciles de obtener; Consisten en moléculas bioactivas, incluida la pectina. Algunas industrias llegan a la pectina de productores como cítricos porque tienen una gran cantidad de polisacáridos (alrededor del 25 % de las sustancias pécticas).

Las cáscaras de mandarina contienen compuestos como pectina y aceites esenciales, que podrían aprovecharse por sus propiedades antimicrobianas y su capacidad para prolongar la vida útil de ciertos productos alimenticios. Se utilizan diferentes métodos de extracción para extraer productos naturales de las cáscaras de mandarina. Estos métodos incluyen destilaciones al vapor, prensado en frío,

extracciones Soxhlet, extracciones con disolventes, extracciones a alta presión, extracciones con CO_2 supercrítico, etc. Rehan et al., (2022).

Así, estos residuos representan una oportunidad de innovar a partir de su aprovechamiento y atacar la problemática de generación de residuos. Los residuos de estos frutos son fuente de compuestos con características antioxidantes, conservantes, preservantes, entre otras, y fibra alimentaria que traen beneficios a nivel económico y ambiental Rajulapati et al., (2021). Asimismo, los cítricos son altamente consumidos en el mundo y contienen compuestos fitoquímicos que traen beneficios en la salud con un amplio contenido de vitamina C, flavonoides y pectina (Rafiq et al., 2018). Los residuos de frutos cítricos son ricos en limoneno, un monoterpeno cíclico ($C_{10}H_{16}$), que se caracteriza por tener actividades antimicrobianas y potencial en prevención de enfermedades, y no posee grupos funcionales que estén disponibles para ser hidrolizados Negro et al., (2022).

1.2 PROBLEMA

La mandarina (*citrus reticulata),* se utiliza en la elaboración de diferentes productos agroindustriales, es consumida en nuestro medio, la provincia de Bolívar es uno de los sectores donde se cultiva estas frutas y se las comercializa a empresas dedicadas a la elaboración de diversos productos (néctares, bebidas, concentrados, mermeladas) y en las cuales no se aprovecha su, cáscara y semillas (pepas). Se logra potenciar al utilizar parcialmente en forma de abono orgánico o como materia prima para la obtención de otros productos como aceites esenciales, harinas y pectinas.

La cáscara sólo se destina a la alimentación de ganado y como abono en algunas plantaciones por ende este subproducto se convierte en una materia prima para algunas fábricas convirtiéndose en un producto subutilizado. En nuestro medio la agroindustria no se ha desarrollado totalmente de allí la no utilización de subproductos agropecuarios, como ejemplo el albedo de los cítricos para la obtención de pectina y de esta manera evitar la subutilización de esta materia prima rica como gelificante natural muy útil en los procesos de producción como jaleas, mermeladas, compotas, entre otras.

De continuar esta situación, la agroindustria en el Ecuador pierde la oportunidad de procesar materia prima de alta calidad para la obtención de pectinas, aspecto de gran importancia a ser considerado en la generación de empleo, desarrollo rural a través de la producción de un producto agroindustrial de calidad.

1.2.1 Formulación del problema

De acuerdo a lo mencionado, en la presente investigación se planteó la siguiente pregunta general:

¿Cómo aprovechar la cáscara de mandarina en la obtención de pectina, para la elaboración de productos agroindustriales en la provincia Bolívar?

1.2.2 Sistematización del problema

Para el abordaje de la pregunta general de investigación, se planteó las siguientes preguntas específicas:

¿Cuáles son las composiciones físicas y químicas de la materia prima (cáscara de mandarina) a ser procesada en la obtención de pectina?

¿Cuáles son los parámetros de proceso que deben ser tomados en cuenta en los procesos de extracción, mediante hidrolisis acida?

¿Cuál es la calidad de la pectina obtenida?

¿Cuáles son los modelos matemáticos que se ajustan a los procesos de extracción por hidrolisis acida?

¿En qué producto agroindustrial se puede utilizar la pectina obtenida?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Extraer la pectina a partir de cáscaras de mandarina *(Citrus reticulata)*, mediante la metodología de hidrólisis ácida, y su aplicación en la elaboración de un producto agroindustrial.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar química y física la materia prima
- Determinar los efectos de cada factor y optimizar el proceso
- Caracterizar el mejor tratamiento de la pectina
- Utilizar la pectina del mejor tratamiento en un producto agroindustrial

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 Hipótesis nula

$\boldsymbol{H_0}$: Extraer la pectina a partir de cáscara de mandarina *(Citrus reticulata)*, mediante la metodología de hidrólisis ácida, y su aplicación en la elaboración de un producto agroindustria no cumple con los criterios de calidad.

1.4.2 Hipótesis alterna

$\boldsymbol{H_a}$: Extraer la pectina a partir de cáscara de mandarina *(Citrus reticulata)*, mediante la metodología de hidrólisis ácida, y su aplicación en la elaboración de un producto agroindustria cumple con los criterios de calidad.

CAPÌTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Producción de mandarina

2.1.1 Producción mundial de mandarina

El investigador Bennet G., (2000), menciona que la mandarina (C*itrus reticulata*), como una fruta de las más comunes y fáciles de conseguir debido a que el árbol que la produce crece fácilmente en muchos ambientes y espacios a lo largo del planeta. Puede ser descrita como una fruta redondeada compuesta por gajos y cubierta por una gruesa capa o cáscara que protege al interior de los elementos del ambiente; es una fruta con un alto contenido de líquido a diferencia de otras frutas. (Bravo M., 2013), indican que en las zonas cálidas de la sierra existe la mandarina criolla de tamaño pequeño, mientras que la mandarina grande es propia de las zonas tropicales y en las zonas subtropicales se encuentra la mandarina roja o rosada. Las principales variedades que existen en el país son: clementina, criolla, híbrida, satsuma y king.

Tabla 1

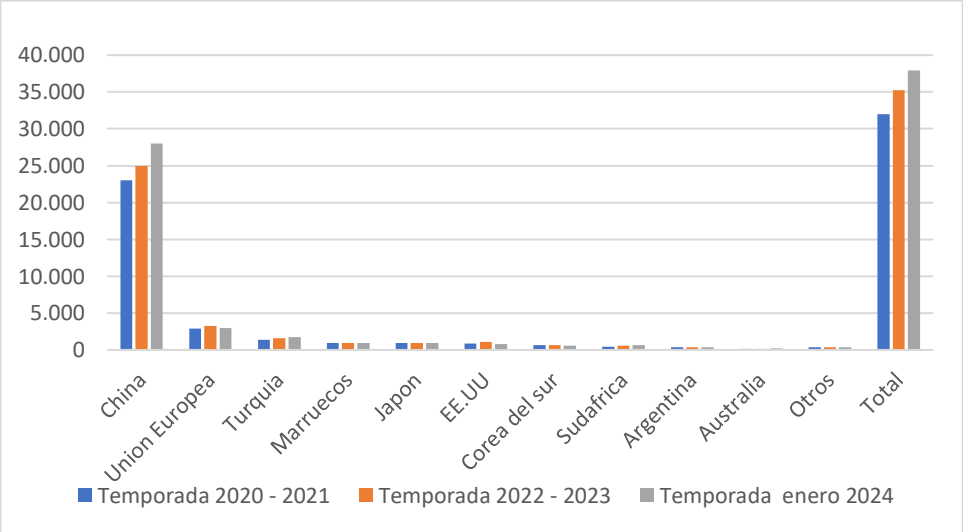
Producción mundial de mandarinas y tangerinas en toneladas métricas

País	Temporada 2020 - 2021	Temporada 2022 - 2023	Temporada enero 2024
China	23.000	25.000	28.000
Unión Europea	2.889	3.235	2.965
Turquía	1.400	1.600	1.750
Marruecos	926	976	924
Japón	962	976	924
EE. UU	856	1.083	797
Corea del sur	631	655	610
Sudáfrica	461	591	630
Argentina	330	380	370
Australia	160	180	190
Otros	357	345	337
Total	31.972	35.250	37.933

Nota. Estadística producción de mandarina por toneladas métricas, según Alvarado Acosta, (2024)

Figura 1

Países con más producción de mandarinas a nivel mundial



Nota. Países con más producción de mandarinas a nivel mundial 2020 – 2024, según Muñoz Aquillo, (2024)

2.1.2 Producción de mandarina en el Ecuador

De acuerdo a Guanbuguete, (2024), enfatiza que la superficie de cosecha de mandarina en Ecuador es 55 953 ha con aproximadamente 42,000 toneladas de producción de mandarina cada año con la provincia de Bolívar 2,650 ha, lo que genera la producción más alta con el 65.56% de la cantidad total del país. De acuerdo a Barrera (2019), (Barrera et al., 2019), ratifica que la provincia de Bolívar se encuentra en la subtrópica subtropical y es una de las actividades económicas más importantes, enfatizando la producción de cítricos, lo que hace que la producción de mandarina y naranja influya en los aspectos sociales y económicos de la población.

Existen casi todas las variedades de esta cultura en nuestro país, como California, Valencia, Creole, pero su productividad, a pesar de la gestión, no es la más apropiada o más rica, ya que la mayoría de estas mandarinas se usan para obtener jugo en nuestra industria, debe enfatizarse para una publicación fresca (no es semilla).

De acuerdo a Vera Obando, (2024), argumenta que el cultivo mandarina en el país es importante porque es efectivo de costo, pero no se usa de manera efectiva aquí en Ecuador, así como en otros países como Brasil, EE. UU., España. Esto es solo para el consumo nacional, a pesar de las condiciones óptimas del suelo en nuestro país, no lo usamos adecuadamente, porque no somos efectivos en todas las culturas.

Tabla 2

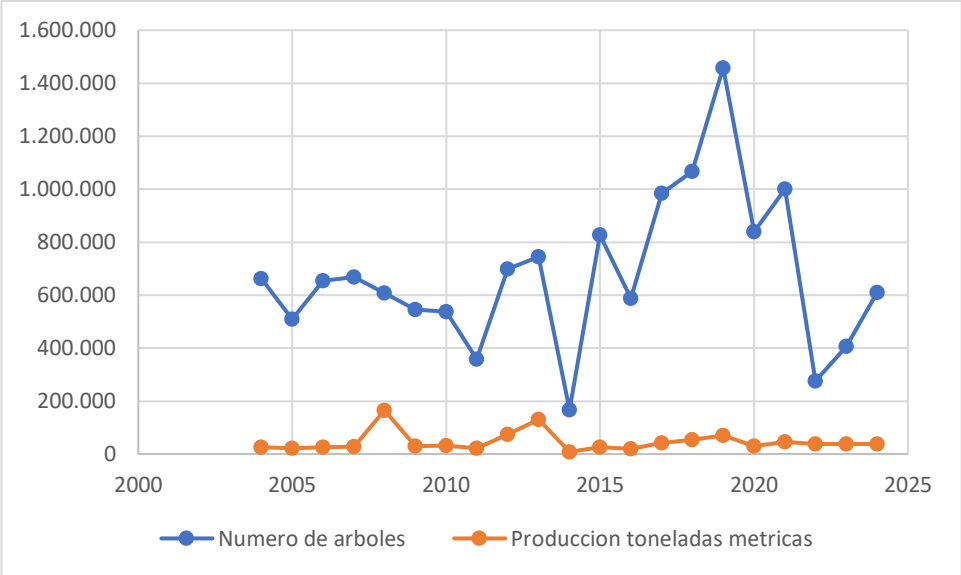
Producción de mandarinas en el Ecuador año 2004 – 2024

Año	Numero de arboles	Producción toneladas métricas
2004	662.021	25.470
2005	509.957	21.750
2006	655.041	25.627
2007	668.664	28.058
2008	607.023	165.419
2009	544.416	30.311
2010	538.098	32.540
2011	357.195	21.589
2012	699.379	73.345
2013	743.782	129.791
2014	166.867	8.422
2015	826.985	26.556
2016	588.650	20.392
2017	984.767	42.560
2018	1.067.211	53.139
2019	1.458.508	69.605
2020	838.680	29.581
2021	1.001.343	46.341
2022	274.679	37.000
2023	406.218	38.067
2024	609.765	37.562

Nota. Encuesta de superficie y producción de mandarina en el Ecuador según Pérez Aguan, (2024).

Figura 1

Producción de mandarinas en el Ecuador en Tm



Nota. La figura indica la producción de mandarinas en toneladas métricas de las diferentes provincias del Ecuador desde el año 2004 al 2024. Tomado de Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, (ESPAC, 2024)

2.1.3 Producción de mandarina en la provincia de Bolívar

López Martínez, (2008), menciona que es importante tener en cuenta que Ecuador es autosuficiente para la producción de estas frutas. En las áreas subtropicales de Sierra, la producción anual de mandarina es de aprox. 51.000 toneladas, principalmente en cuatro cantones en la provincia de Bolívar, donde más del 60% de las casi 127 mil toneladas de mandarina, que el estado consumió en 2022.

Según investigaciones de Cárdenas Jacome, (2020), enfatiza que en este territorio están 10.500 de las 50.000 hectáreas de mandarina que se cultivan en el país. Esto equivale el 21% de la producción. Los cantones Las Naves, Balsapamba, Caluma y Echeandía son los mayores productores de este cítrico.

Ahora mismo en las fincas el centenar cuesta USD 3,75, mientras que el año pasado el precio era de USD 1,50. En este negocio, los agricultores venden en grandes cantidades y así el precio unitario pasa desapercibido. En los mercados, ese esquema no se aplica ya que las 100 unidades terminan costando USD 5, de acuerdo

con el precio puesto por el intermediario al comerciante. Un consumidor final, en tanto, paga hasta USD 2 por 25 mandarinas.

De acuerdo a Medina Moreno, (2022), recalca que los cantones Caluma, Echeandía, Chillanes y Las Naves son considerados una de las áreas citrícolas más importantes del Ecuador, debido a la presencia de diferentes pisos climáticos. En los últimos años, los agricultores se han dedicado al cultivo de mandarinas nativas, que producen aproximadamente 20.000 toneladas al año, esta producción no satisface la demanda nacional.

2.2 Variedades de mandarina que existen dentro del Ecuador

La mandarina es una fruta cítrica muy cultivada en el Ecuador, especialmente en las regiones tropicales y subtropicales del país, como la Costa y el Oriente. Gracias a su clima cálido y suelos fértiles, el Ecuador ofrece condiciones ideales para el cultivo de mandarinas durante todo el año.

En el país se cultivan principalmente variedades como la mandarina (*Citrus reticulata),* que es consumida fresca o utilizada para la producción de jugos naturales. Esta fruta es muy apreciada por su sabor refrescante, alto contenido de vitamina C y beneficios para la salud Baltazar Flores et al., (2013).

Además de su valor nutricional, la mandarina tiene importancia económica para pequeños y medianos agricultores, siendo una fuente de ingreso en muchas comunidades rurales. Aunque gran parte de la producción se destina al consumo local, también se exporta en menor escala a países vecinos según Triviño Quiñones & Ortega López, (2023).

2.2.1 Mandarina criolla (*Citrus reticulata Criolla*)

La mandarina criolla se caracteriza por su agradable dulzor, aroma, baja acidez y semillas. Su color anaranjado con olor dulce cítrico de tamaño pequeño hace de este crítico uno de los frutos más populares a nivel provincial y nacional, especialmente por su precio comercial, porque es una fruta de fácil cultivo en los huertos familiares según criterios emitidos por Erika Roxana, (2021). Las mandarinas criollas resultan fáciles de pelar su cáscara y comerlas, lo cual se ha convertido en una de las frutas

cítricas predilectas de los niños, su cultivo es apto para climas de temperatura comprendidos entre los 18 a 26 ºC demostrando que se puede cultivar en las varias provincias del Ecuador de acuerdo Ibanez Sabater, (2023).

Figura 2

Mandarina criolla



Nota. La cosecha de la mandarina criolla se realiza en los meses de junio – agosto, según investigaciones de Conde Blanco et al., (2018)

2.2.2 Mandarina verde o cascaruda *(Citrus nobilis Loureiro)*

La mandarina cascaruda se identifica por su color verde y su fuerte olor a cítrico, los agricultores la conocen como mandarina king o hedionda. Tienen alta cantidad de semillas, es de tamaño grande achatado, su pulpa posee una tonalidad entre anaranjada y blanca con gran contenido de zumo; su cáscara es gruesa y semigruesa, lo que dificulta su pelado de acuerdo a Martínez-Moreno et al., (2019). Presenta una madurez tardía, se mantiene por un largo tiempo en el árbol, con respecto a su sabor es dulce ácido, cuando alcanza la madurez óptima es apetecida por la mayoría de los agricultores para su consumo o comercialización a nivel local según investigación de Leal & Palacios Palacio, (2016).

Figura 3

Mandarina verde o cascaruda



Nota. La mandarina cascaruda es conocida como mandarina king o hedionda, y se las cultiva en lugares tropicales Martínez-Moreno et al., (2019).

2.2.3 Mandarina hibrida sin pepas *(Citrus tangerina)*

De acuerdo a Yerson et al., (2016), menciona que la mandarina híbrida, se caracteriza por no tener semillas, posee un tamaño mediano o grande, su color es anaranjado rojizo muy llamativo, su pulpa tiene gran cantidad de zumo, es abundante en azúcares y ácidos orgánicos. La corteza está muy adherida a la pulpa, la cosecha se realiza en el mes de febrero, pero el fruto puede permanecer en el árbol hasta abril, es una variedad de interés para zonas con poco riego y plagas. De acuerdo a Burguet Zamit et al., (2020), menciona que en sus investigaciones demuestran que la mandarina híbrida sin semillas se encuentra entre aquellas variedades que no han sido mutadas de manera espontánea, sino que resultan de los laboratorios de viveros pertenecientes a organismos oficiales.

Figura 4

Mandarina hibrida sin pepas



Nota. La mandarina híbrida es caracterizada por no tener semillas y su pulpa es dulce de acuerdo a Burguet Zamit et al., (2020).

2.2.4 **Mandarina satsuma** *(Citrus unshiu)*

La mandarina satsuma se destaca por su buena calidad gustativa, el árbol de la mandarina tiene una altura de dos a tres metros, es resistente al frío, suelos fértiles y drenados. Su maduración es temprana, sus frutos son de color amarillo y anaranjado, de cáscara delgada, la pulpa es dulce, ligeramente ácida y jugosa, con excelentes propiedades de vitamina C. Su mediano tamaño, su sabor aromático y la facilidad de pelar su piel, hacen de esta fruta una de las más apreciadas de acuerdo a Zócalo et al., (2018).

Figura 5

Mandarina satsuma



Nota. La mandarina satsuma es ideal para personas con diabetes, debido a que su contenido en azúcar es realmente bajo Zócalo et al., (2018).

2.3 **Mandarina *(Citrus reticulata)***

2.3.1 **Generalidades de la mandarina** (*Citrus reticulata)*

En la investigación de Orduz-Rodríguez et al., (2011), menciona que la mandarina (*Citrus reticulata*), es un fruto proveniente del árbol mandarino, que pertenece a las familias de las rutáceas, su cultivo es favorable en países de climas cálidos y templadas. Según investigaciones de Shorbagi et al., (2022), indica que la mandarina pertenece al grupo de cítricos con características similares a la naranja, pero con mayor facilidad de pelar, está formada por una corteza gruesa o fina dependiendo de la variedad, se la conoce en los mercados internacionales como "tangerine" con semillas o sin semillas.

La mandarina es el fruto derivado de las diferentes especies de cítricos comúnmente llamados mandarino, entre ellas *Citrus reticulata*, *Citrus unshiu*, *Citrus reshni*, así como sus híbridos incluyendo *Citrus tangerina*, su pulpa está formada por un considerable número de gajos llenos de zumo que contienen propiedades nutritivas como vitamina C, flavonoides, carotenoides, antioxidantes y minerales.

Figura 6

Mandarina

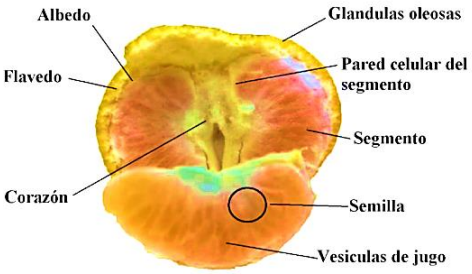


Nota. La figura representa el fruto del árbol mandarino con sus gajos. De acuerdo a Mateus-Cagua & Orduz-Rodríguez, (2015)

En la investigación de Morales Pérez et al., (2014), menciona sobre el análisis de la mandarina en el Ecuador menciona que este tipo de fruta no es climatérica, puesto que carecen de la capacidad de madurar una vez separada del árbol, impidiendo que adquiera su color y sabor característico.

Figura 7

Anatomía de la mandarina



Nota. La figura indica las partes principales del fruto de la mandarina tanto interna como externa.

2.3.2 Taxonomía de la mandarina

Se refiere a las diferentes especies que existen de ellas, como su clasificación, cultivares, mezclas del género citrus y aquellos relacionados.

Tabla 3

Clasificación taxonómica de la mandarina

Taxonomía *(Citrus reticulata)*	
Familia	Rutaceae
Subfamilia	Aurantioidea
Genero	Citrus
Especie	Citrus reticulata
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Sapindales

Nota. Descripción taxonómica de la mandarina. De acuerdo a Chutia et al., (2009).

2.3.3 Características de la mandarina

Según Aguagüiña Pilla, (2014), indica que la mandarina es un término utilizado para un género específico de cítricos, las mandarinas son caracterizados por tener una piel fina que está constituida por dos tejidos diferentes, albedo (capa interna) y flavedo (capa externa). El portal de salud y medicina. En la investigación de Juan Delhom & Molina, (2022), mencionan que la mandarina es la fruta cítrica más rápida de quitar su piel, su pulpa es de sabor dulce o a veces agridulce, contiene diferentes propiedades nutricionales, dependiendo de su variedad o calidad de cultivo, esto hace que sea muy deliciosa y saludable para niños y adultos.

Fruto: es el órgano procedente de la flor o también llamado hesperidio, existen diferentes variedades del fruto con abundantes semillas o sin semillas de acuerdo a Muñoz Acevedo, (2016).

Tamaño y peso: el peso promedio del fruto de la cosecha es de 180,6 g; tiene un diámetro ecuatorial de 56,2 mm y polar de 78,6 mm, de acuerdo a Miranda Llasprilla. (2024).

Cáscara: Es la piel o membrana que cubre todo el fruto, su color es verde, amarillo o anaranjado dependiendo de la variedad, está compuesta de 8 a 15 gajos que se separan fácilmente, de acuerdo a Romero Bayona, (2022).

Forma: Tiene forma esférica de tamaño medio y aplanada.

Sabor: La pulpa es dulce, un poco ácida y contiene mucho zumo

Aroma: Característico e intenso de la fruta cítrica madura y sana. Libre de olores extraños, es un producto natural libre de químico de acuerdo a Ibarra, (2021).

Color: Tiene una gama de colores que va desde el verde intenso hasta un color anaranjado rojizo. El tono verde representa el inicio del desarrollo del fruto y el tono anaranjado representa la etapa final de madurez.

Vida útil: Su duración en condiciones de congelación es de un año, y en condiciones de temperatura ambiente dura aproximadamente dos semanas según Beltrán et al., (2021).

2.3.4 Valor nutricional de la mandarina

La mandarina es fuente de vitamina C, aunque su contenido es menor que en las naranjas. El aporte de provitamina A es considerable y superior al de las naranjas. Es destacable su composición en criptoxantina (caroteno), un compuesto que además de transformarse en vitamina A en nuestro organismo, tiene propiedad antioxidante (843 µg/100 g porción comestible. Además, la mandarina contiene flavonoides (hesperidina, neohesperidina, nobiletina, tangeritina). Al igual que otras frutas cítricas, la mandarina también posee sustancias volátiles responsables

de su aroma (limonoides) localizadas en la corteza, un tipo de terpenos entre los que cabe destacar el d-limoneno, de acuerdo a Jiménez G, (2020).

Tabla 4

Valor nutricional de la mandarina

Valor nutricional	
Energía (kcal)	43,00
Proteína (g)	0,80
Hidratos de carbono (g)	9,00
Fibra (g)	1,90
Calcio (mg)	36,00
Hierro (mg)	0,30
Yodo (µg)	Tr
Magnesio (mg)	11.00
Zinc (mg)	0,40
Sodio (mg)	2,00
Potasio (mg)	160,00
Fosforo (mg)	17,20
Selenio (mg)	Tr
Tiamina (mg)	0,07
Riboflavina (mg)	0,02
Eq de niacina (mg)	0,30
Vitamina B6	0,07
Vitamina A (µg)	56,00
Folato (µg)	21,00
Vitamina C (µg)	35,00

Nota. Descripción valor nutricional de la mandarina. De acuerdo a Jiménez G, (2020).

2.3.5 Beneficios del albedo de mandarina

En la investigación de Mayorga Suazo, (2023),,ratifica que las mandarinas pueden ser consumidas directamente de los árboles en calidad de fruta, o someterse a transformaciones con fines agroindustriales que la conviertan en bebidas, pulpas o conservas, e incluso pueden aplicarse en la industria química y farmacéutica. Se menciona que la mandarina contiene los siguientes beneficios:

- El albedo tiene un contenido de compuestos fenólicos entre 15 y 20 veces superior al de los gajos. Los compuestos fenólicos son importantes antioxidantes que no pueden faltar en nuestra dieta.
- Contiene una gran cantidad de pectina, presente en el albedo de la mandarina, que ayuda a reducir los niveles de colesterol en la sangre. Recientes estudios científicos, han demostrado mejores resultados en la reducción del colesterol LDL que algunos de los fármacos prescritos para el mismo propósito.
- Cónico albedo también neutraliza el proceso de envejecimiento de muchas células. Es como un estiramiento facial de la superficie interna de la piel. La frescura y el brillo del albedo hacen brillar la piel.
- El alto contenido de fibra de esta tela blanca contribuye a la sensación de metabolismo después de tragar las frutas cítricas.
- Albedo también es rico en antioxidantes, que son beneficiosos para el torrente sanguíneo. Los estudios se refieren a efectos antisépticos y antiinflamatorios para combatir las infecciones respiratorias

2.3.6 Requerimientos edafoclimáticos

- Es una especie subtropical.
- No tolera las heladas, ya que sufre tanto las flores y frutos como la vegetación, que pueden desaparecer totalmente.
- Presenta escasa resistencia al frío (a los 3-5 ºC bajo cero la planta muere.
- No requiere horas-frío para la floración.
- No presenta reposos invernales, sino una parada del crecimiento por las bajas temperaturas (quiescencia), que provocan la inducción de ramas que florecen en primavera.
- Requiere importantes precipitaciones (alrededor de 1.200 mm), que cuando no son cubiertas hay que recurrir al riego.
- Necesita temperaturas cálidas durante el verano para la correcta maduración de los frutos. Es una especie ávida de luz para los procesos de floración y fructificación, que tienen lugar preferentemente en la parte exterior de la copa y faldas del árbol.

Por tanto, la fructificación se produce en copa hueca, lo cual constituye un inconveniente a la hora de la poda. Es muy sensible al viento, sufriendo pérdidas de frutos en precosecha por transmisión de la vibración. En cuanto a suelos los prefiere arenosos o franco-arenosos, profundos, frescos y sin caliza, con pH comprendido entre 6 y 7. No tolera la salinidad, aunque la utilización de patrones supone una solución a este problema Arngo Toloza & Sánchez Pabón, (2018)

2.4 Aprovechamiento de los residuos biomásicos.

MDDPI, (2023) , menciona que existen estrategias se han utilizado en los últimos años para lograr un crecimiento económico más sostenible basado en el enfoque de la economía circular. Después de este nuevo enfoque tienen mayores esfuerzos para buscar fuentes de energía renovables y recomendar opciones efectivas, cualquier valioso procesamiento de potencia de residuos causado por los ciclos de producción.

A diferencia de otros sectores de procesamiento de alimentos, las industrias de frutas (cítricos) producen mayores volúmenes de desechos, incluyendo un 25-30% de cáscaras, seguidas de semillas, pieles, cáscaras, corazones, pulpa, orujo, etc.

2.4.1 Cáscara de mandarina

Las cáscaras de mandarina presentan un potencial poco explotado, el uso de este subproducto agrícola se limita a la alimentación de bovinos y recientemente en la alimentación de peces, estos desechos son ricos en aceites esenciales, pectinas y pigmentos, que merecen ser utilizados según investigaciones de Rincón et al., (2005).

Estudiaron el contenido de carotenoides totales en cáscaras de algunas variedades de mandarinas, encontrando en promedio 140 mg de carotenoides/kg de cáscaras, mencionar también la presencia de polifenoles, vitaminas, minerales, fibra dietética, aceites esenciales y carotenoides , lo que convierte a los cítricos en una fruta beneficiosa para la salud según Álvarez Moreno, (2020).

Hernández Luis (2028), recalca que los componentes de la cáscara de cítricos se subdividen en epicarpio o flavedo (superficie periférica coloreada) y mesocarpio o albedo (capa intermedia blanca y blanda), pueden proporcionar substancias que traen beneficio a la salud, tales como la pectina en el control glicémico, espesantes en productos alimenticios y farmacéuticos, todo con la capacidad de brindar beneficios y no desperdicios.

2.4.2 Composición química de la cáscara de mandarina

En sus investigaciones (Infobae, 2018), mencionan a la cáscara de mandarina como una fuente de ingrediente funcional muy importante, ya que contiene una amplia variedad de productos secundarios con actividades antioxidantes como fibra dietética y compuestos fenólicos, que pueden tener considerables beneficios económicos para los procesadores de alimentos.

Tabla 5

Composición física y química aproximada de la cáscara de mandarina

Componente	Valor
Humedad (g/100g)	12,57 ± 0,11
Proteína (g/100 g.m.s)	8,14 ± 0,18
Extracto etéreo (g/100 g.m.s)	2,14 ± 0,03
Cenizas (g/100 g.m.s)	2,73 ± 0,01
Fibra dietaría total (g/100 g.m.s)	43,84 ± 1,14
Fibra dietaría insoluble (g/100 g.m.s)	28,61 ± 1,07
Fibra dietaría soluble (g/100 m.g.s)	15,23 ± 0,16
Relación FDI/FDS	1,88 ± 0,07
Pectina (g/100 g.m.s)	14,46 ± 0,87

Nota. Composición física y química de la cáscara de mandarina de acuerdo a investigaciones de Ninahuanca Samaniego, (2022).

2.4.3 Beneficios de la cáscara de mandarina

El consumo de la cáscara de mandarina proporciona ciertos beneficios especiales para la salud del cuerpo humano. De acuerdo a Guzmán Alejandra, (2024), menciona que estos son algunos de los nutrientes más importantes de la cáscara de mandarina: magnesio, potasio, fósforo, fibra y calcio (en menor cantidad). Entre las principales bondades de la cáscara de mandarina, Hill enumera las siguientes:

- Reduce el colesterol malo (LDL)
- Ayuda a las personas que tienen enfermedades degenerativas
- Fortalece el sistema nervioso
- Ayuda a la piel por su contenido de aceites esenciales.
- Contiene vitamina C, flavonoides, polifenoles, pectina y aceites esenciales

Ayuda a la salud gastrointestinal, ya que es útil para tratar algunos problemas de esta índole como la náusea, la falta de apetito, diarrea, flatulencias, el estafilococo, entre otros. Además, puede ser útil para bajar la presión arterial en unión con otras plantas aromáticas según investigaciones de Gonzales Sánchez, (2017).

2.4.4 Parámetros de selección de la cáscara de mandarina

Tabla 6

Parámetros para la selección de la cáscara de mandarina

Parámetro	Rango
Color	Característico de la fruta
Olor	Característico de la fruta
Plagas (cucarachas, moscas, babosas, roedores, entre otros).	No tolerable
Material extraño (contaminaciones químicas, heces, entre otros.)	No tolerable
Hongos	No tolerable
pH	4,15 – 5,52
Cenizas (%)	2,88 – 4,38

Nota. Parámetros selección cáscara de mandarina. De acuerdo a Ivonne.

2.4.5 Industrialización de la cáscara de mandarina

De acuerdo con Acevedo, (2016), la cáscara de mandarina un subproducto que se obtiene después del proceso de producción de jugo o pulpa, representa alrededor del 30- 50% del peso de la fruta, por lo tanto, los residuos biomásicos de la mandarina sirve para obtener subproductos como aceites esenciales, harina, pigmentos y pectinas, los cuales se esperan que sean utilizados para preparar productos alimenticios, farmacéuticos y cosméticos o algún otro que se identifique con un valor comercial.

2.4.6 Usos industriales de la cáscara de mandarina

Extracción de pectinas: las pectinas son algunos de los productos que pueden obtenerse a partir de los residuos cítricos. De acuerdo a García Montoya & Penagos Gómez, (2016) afirman que las pectinas se utilizan como espesantes, gelificantes, emulsificantes y estabilizadores en la industria alimentaria y domestica de mermeladas y jaleas de fruta.

Extracción de pigmentos: los pigmentos carotenoides son colorantes naturales presentes en diversas frutas y verduras. En la industria alimentaria los pigmentos más usados en su mayoría provienen de origen artificial que producen alergias en los niños y son altamente tóxicos. Por el contrario, existen investigaciones que demuestran que los pigmentos de la cáscara de mandarina tienen un alto potencial para sustituir a los colorantes artificiales más usados en la industria alimenticia según, Madrid Úsuga, (2013).

Aceites esenciales: los aceites de cítricos constituyen el mayor sector de producción de aceites esenciales en el mundo, se encuentran como líquidos a temperatura ambiente. El aprovechamiento de los residuos de los cítricos es una alternativa mundial y nacional en la obtención de aceites esenciales con el 80% de D-limoneno, compuesto que le da el olor característico de los cítricos, es determinado mediante cromatografía de gases (GC) acoplada a espectrometría de masas según Cordova & Velasquez, (2021).

2.5 Métodos de extracción

Los métodos de extracción son aplicados en la industria de alimentos, bebidas, perfumería, medicina y principalmente farmacéutica. Para lograr una adecuada extracción de las fracciones líquidas solubles, es posible utilizar varios procesos físicos y químicos, esto proporcionará las características particulares en la calidad del producto obtenido, existen diferentes métodos de extracción como enfleurage, extracción con solventes, hidrodestilación, extracción por arrastre de vapor.

2.5.1 Extracción hidrólisis ácida

La hidrólisis ácida convencional (HMC)es un proceso donde un ácido prótico cataliza la división de un enlace químico a través de una sustitución nucleofílica, con la adición de agua. Este proceso consiste en un calentamiento de un ácido, material vegetal y agua, con una constante agitación según investigaciones de Toyo-Díaz et al., (2021). Desde el punto de vista cinético, la hidrólisis ácida puede clasificarse en dos etapas: una hidrólisis rápida de los componentes amorfos (como la hemicelulosa) y una hidrólisis más lenta de los componentes cristalinos (como la celulosa).

De acuerdo a Quintero & Zapata, (2017), ratifican que el proceso puede realizarse bajo condiciones diluidas (ácido $\leq 5\%$) o concentradas, dependiendo del tipo de biomasa y del objetivo de la hidrólisis. Generalmente, las condiciones óptimas incluyen temperaturas elevadas (entre 100 °C y 180 °C) y tiempos de reacción controlados para minimizar la formación de productos de degradación como furfural o 5-hidroximetilfurfural (HMF), que pueden inhibir procesos posteriores como la fermentación.

2.6 Pectinas

La pectina, es un polisacárido ácido complejo presente en la naturaleza como una biomacromolécula, que se compone principalmente de ácidos poligalacturónicos, coloides (poliuronidos derivados del ácido galacturónico CHO(CHOH)4COOH), que se encuentran en los tejidos de las plantas. Ampliamente utilizado en la industria de alimentos como gelificante en mermeladas y jaleas, espesante,

emulsificante y estabilizante en productos lácteos, margarinas, mayonesa y salsas o sustitutos de la grasa en confitería y en helados (Devia Pineda, 2012).

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

2.6.1 Clasificación de las pectinas

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

2.6.1.1 Ácidos pécticos:

Son sustancias que se encuentran compuestas por ácidos poligalacturónicos prácticamente libres de grupos metoxilo. Las sales de estos ácidos se conocen como pectatos y reaccionan fácilmente con iones calcio presentes en las células produciendo compuestos insolubles en los jugos de frutas, dando como resultado un precipitado visible comúnmente en la separación de fases en los néctares Oros, (2016).

2.6.1.2 Ácidos pectínicos:

Son ácidos poligalacturónicos coloidales que poseen una aceptable proporción de grupos metilester. Estos ácidos, bajo condiciones adecuadas tienen la capacidad de formar geles con azúcar y ácidos, o en presencia de un bajo contenido en metoxilo con algunos iones metálicos, las sales resultantes de los ácidos pectínicos se conocen como pectinatos Oros, (2016).

2.6.1.3 Protopectina:

Es una sustancia péptica madre de forma abundante en las laminillas medias de las paredes celulares de plantas verdes, la cual al someterla al calentamiento en una

solución de ácido o por acción de enzimas es muy soluble, pero en presencia de agua es insoluble.

2.6.1.4 Pectinas de Alto Metoxilo:

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

Las pectinas de alto metoxilo pueden subdividirse en dos grupos:

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

2.6.2 Aplicación de las pectinas

De acuerdo con Escobedo (2013, p.25) indica que las pectinas tienen algunas aplicaciones en las varias industrias, las cuales se describen a continuación

2.6.3 Industria Cosmética

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

2.6.4 Industria Alimentaria

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

2.6.5 Sector Medicinal

- Prolongador de antibióticos y analgésicos.
- Aumenta la viscosidad.
- Estabiliza emulsiones.
- Gelificante instantáneo del paracetamol y ambroxol.

2.6.6 Determinación de propiedades físicas

2.6.6.1 Densidad

La densidad es la relación de la masa por la unidad de volumen de una sustancia a una temperatura determinada, la variación de la densidad de los líquidos es muy pequeña salvo a muy altas presiones. Sus unidades de medida queda expresada en kg/m^3, g/mL Moscoso & Ochoa, (2018).

2.6.6.2 Índice de refracción

El índice de refracción es una propiedad utilizada para controlar la pureza y la calidad de la pectina tanto a nivel laboratorio como industrial, está relacionado con su grado medio de instauración, también es útil para observar el progreso de las reacciones como la isomerización e hidrogenación Paucar et al., (2015).

2.6.6.3 pH

Las siglas de pH corresponden al término potencial de hidrógeno; es una forma de expresar la basicidad a acidez de una sustancia en solución Palacios, (2018).

2.6.7 Determinación de propiedades químicas

La determinación de la composición química de la pectina es uno de los factores más importantes en el análisis de calidad y pureza. Es una técnica apropiada para pectinas, consiste en facilitar la separación de los componentes volátiles y semivolátiles mediante el uso de temperaturas y presiones Logroño & Lozano, (2019).

2.7 Pectinas de cítricos

Las pectinas se obtienen de materiales vegetales que tienen un alto contenido de éstas, tales como manzanas, frutas cítricas, piña, guayaba dulce, tomate de árbol, maracuyá y remolacha. Según el tratamiento que se haga a las materias primas se obtienen diferentes calidades de pectinas, de acuerdo con las necesidades de los productos terminados. Estas pectinas son, en la actualidad, ingredientes muy importantes en la industria de los alimentos, para hacer gelatinas, helados, salsas, queso. También se emplean en otras industrias, como la farmacéutica, que requieren modificar la viscosidad de sus productos, y en la industria de los plásticos, así como en la fabricación de productos espumantes, como agente de clarificación y aglutinante. (Pineda, 2016)

2.7.1 Calidad de pectinas

La calidad de la pectina de cítricos, dependen de factores que influyen en su composición, como las condiciones geobotánicas del entorno, edad de la planta o del fruto, estado fenológico, método de cultivo, época de recolección, manipulación del fruto y el almacenamiento del material vegetal (fresco, seco, fermentado) y el método de extracción, estos factores juegan un rol importante para la obtención del aceite esencial con olor y sabor de calidad Shehata et al., (2020).

2.7.2 Pectinas de mandarina

Al evaluar la pectina de la cascara de la mandarina obtenida por hidrólisis ácida a partir de residuos orgánicos de mandarina, 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 (Chasquibol Silva et al, 2017)

En un estudio sobre extracción de pectina de residuos de cáscara de mandarina asistida por ultrasonido, 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.

2.7.3 Requisitos físicos y químicos de pectinas de mandarina

Propiedades físicas Dentro de las principales propiedades se encuentran las siguientes de acuerdo a 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
- **Fuerza 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 ºBrix.
- **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 85oC en un tiempo de 10 minutos.

2.7.4 Espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier (FT-IR)

La espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier, permite realizar análisis globales del estado bioquímico de la célula, monitoreando los niveles de las principales biomoléculas presentes en el interior de la célula (Barraza et al. (2018).

2.7.5 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.

2.8 Usos de pectinas de cítricos

2.8.1 Industria alimentaria

La pectina de cítricos tienen una alta demanda, principalmente en la industria alimentaria, son utilizados para la producción de aromatizantes y saborizantes para productos procesados y terminados, se especifica que los aceites esenciales de mandarina se han utilizado como potenciadores del sabor para todo tipo de bebidas, galletas, helados, dulces, productos lácteos Castillo, (2020)., señalan que los aceites esenciales tienen una amplia gama de aplicaciones en diferentes campos industriales y científicos, tales como:

2.8.2 Medicina

Se usa la pectina para el colesterol alto, los triglicéridos altos y para prevenir el cáncer de colon y de próstata, sin duda el aceite esencial de mandarina puede ayudar sin duda en la gripe, ya que es obtenida de un cítrico que contiene alto porcentaje de vitamina C.

2.8.3 Industria de productos de limpieza

Se utilizan como agentes atrayentes, pulverizantes, aromatizantes de ambiente y repelentes de insectos

2.8.4 Industria cosmética y farmacéutica

Se aplican en conservantes, perfumes, jabones, champús, desodorantes, dentífricos e ingredientes activos.

2.8.5 Mermelada según la norma NTE INEN 419

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.

CAPÌTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación de la investigación

La presente investigación propuesta se realizó en el Laboratorio Vinculación y Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar.

3.1.1 Localización de la investigación

Tabla 7

Localización de la investigación

Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	Gabriel Ignacio Veintimilla
Sector	Laguacoto II
Dirección	Laguacoto II. (Guaranda Km. 1 ½ vía San Simón)

3.1.2 Situación geográfica y climática de la localidad

Tabla 8

Aspectos generales del territorio

Parámetros	Valores
Altitud promedio	2.604 msnm
Latitud	1° 36´ 53´´ sur
Longitud	78° 59´ 54´´ oeste
Temperatura máxima	21°C
Temperatura mínima	7 °C
Temperatura media	14,4 °
Precipitación media anual	980 mm
Humedad relativa	70%
Heliofanía promedio	900 horas / luz / año
Velocidad de viento	6 m / s

3.1.3 Zona de vida

La ubicación del lugar a desarrollar la investigación en estudio se encuentra en la zona de vida según Holdridge, L. bosque Seco Montano Bajo (bs-MB).

3.2 Materiales

3.2.1 Material experimental

- Cascara de mandarina criolla *(Citrus reticulata Criolla)*

3.2.2 Materiales de campo

- Cuadernos de apuntes
- Computadora portátil
- Impresora
- Esferos

3.2.3 Materiales de laboratorio

- Lienzo
- Termómetro
- Agitador
- Pipeta de 2 ml
- Frascos huecos de 50 ml y 1000 ml
- Embudo
- Vasos de precipitación de 25 ml, 50 ml, ….
- Colador
- Espátula
- Cuchara
- Lengua de gato
- Francos de muestra de 200 g
- Probetas
- Matraz de Erlenmeyer de 50 ml

- Mortero

3.2.4 Reactivos

- Ácido clorhídrico concentrado
- Etanol al 96 %

3.2.5 Equipos

Equipo	Función	Imagen
Estufa	• Absorción de humedad y secado de muestras	
Balanza analítica	• Peso de muestras	
Refractómetro	• Medir concentración de Brix	
Potenciómetro	• Medir pH o acidez	

Termómetro	• Medidor de temperatura	
Mufla	• Secado y deshidratado	
Purificador de agua	• Sistema de agua tipo I y II	
Cámara extractora de gases	• Protector de vapores tóxicos	
Retsch cyclone mill	• Reducir muestras en partículas mas pequeñas	

Licuadora	• Ayuda a homogenizar, dispersar o triturar	
FT-IR Spectrometer Frontier	• Analiza la estructura molecular	

3.3. Métodos

3.3.1 Factores de estudio

Los factores considerados para el aprovechamiento de residuos biomásicos de cáscara de mandarina para la obtención de pectina

A= pH de extracción

$a_1 = 1,5$

$a_2 = 3$

B= temperatura de extracción

$b_1 = 70$ °C

$b_2 = 90$ °C

C= tiempo de extracción

$c_1 = 45$ minutos

$c_2 = 60$ minutos

3.3.2 Características del experimento

Con ayuda de los factores en estudio se procederá a detallar las características de la experimentación, donde se evidenciará el número de factores, número de niveles de cada factor, número de réplica, variable respuesta y lo más importante el tamaño de la muestra.

Tabla 9

Características de la experimentación

Características del diseño factorial	
Factores experimentales	3
Niveles factor A	2
Niveles factor B	2
Niveles factor C	2
Réplicas	3
Unidades experimentales	24
Tamaño unidad experimental	1 kg
Nro. Variables respuesta	5

3.3.3 Diseño experimental

Se aplico un diseño factorial 2^3, donde se estudió el efecto de tres factores en dos niveles cada. El diseño consta de $2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$ tratamientos diferentes. Los tratamientos del diseño y su representación geométrica se muestran en la figura 9. La región experimental es un cubo regular centrado en el origen (0, 0, 0), cuyos vértices son los ocho tratamientos. La matriz del diseño se construirá alternando el signo menos y el signo más en la primera columna, dos menos y dos más en la segunda columna, y cuatro menos y cuatro más en la tercera columna. Se presenta a continuación la matriz del diseño.

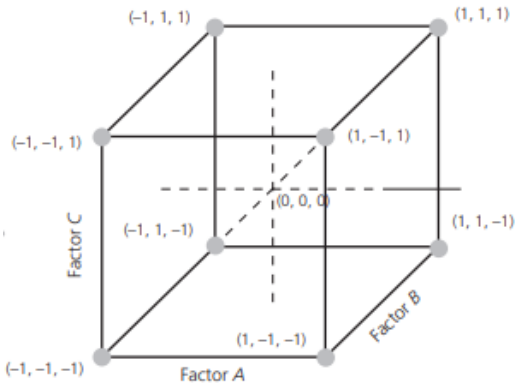
Tabla 10

Matriz diseño 2^3

pH	Temperatura	Tiempo
-1	-1	-1
1	-1	-1
-1	1	-1
1	1	-1
-1	-1	1
1	-1	1
-1	1	1
1	1	1

Figura 8

Representación geométrica del diseño



3.3.4 Modelo matemático del diseño

Se aplico un diseño en arreglo factorial con tres factores de 2^3 = 2 x 2 x 2 = 8 tratamientos diferentes el modelo matemático es el siguiente:

$$\boldsymbol{Y_{ijkl}} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

μ: media general.

α_i: efecto debido al i-ésimo nivel del factor A.

β_j: efecto del j-ésimo nivel del factor B.

γ_k: efecto del j-ésimo nivel del factor C.

$(\alpha\beta)_{ij}$, $(\alpha\gamma)_{ik}$, $(\beta\gamma)_{jk}$: efecto de interacción doble en los niveles *ij, ik, jk.*

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$: efecto de interacción triple en la combinación *ijk*.

ε_{ijkl}: error aleatorio en la combinación *ijk*.

3.3.5 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 utilizará con una probabilidad de error del 5% ($p<0.05$) tipo 1, utilizando el software estadístico MINITAB versión 19.

3.3.6 Modelo de análisis de varianza (ANOVA)

Se aplico el siguiente modelo de análisis de varianza:

Tabla 11

Modelo de análisis de varianza (ANOVA) para el diseño en arreglo factorial de 2^3

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fo	Valor-p
Efecto A	SC_A	1	CM_A	CM_A/CM_E	$P(F>F_0)$
Efecto B	SC_B	1	CM_B	CM_B/CM_E	$P(F> F_0)$
Efecto C	SC_C	1	CM_C	CM_C/CM_E	$P(F> F_0)$
Efecto AB	SC_{AB}	1	CM_{AB}	CM_{AB}/CM_E	$P(F> F_0)$
Efecto AC	SC_{AC}	1	CM_{AC}	CM_{AC}/CM_E	$P(F> F_0)$
Efecto BC	SC_{BC}	1	CM_{BC}	CM_{BC}/CM_E	$P(F>F_0$
Efecto ABC	SC_{ABC}	1	CM_{ABC}	CM_{AC}/CM_E	$P(F>F_0$
Error	SC_E	2^3 (n-1)	CM_E		
Total	SC_T	$n2^3$-1			

3.4 Metodología experimental

3.4.1 Proceso de extracción de la pectina

Para la extracción de la pectina, se seguirá las siguientes etapas:

a) Recolección de muestras

Se desprendió la cáscara de mandarina del fruto y se procederá a trocear.

b) Lavado

Se realizo el lavado de los residuos con abundante agua destilada el cual eliminará la presencia de posibles impurezas en las cáscaras de mandarina. Esto eliminara cualquier residuo de las sustancias químicas o el polvo que posee la materia prima, utilizando agua ya sea por aspersión o inmersión

c) 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 será de 1:2. Esta etapa se realizará al llevar el agua junto a la muestra hasta llegar a ebullición, con el objetivo de eliminar la actividad de enzimas pectinasas las cuales actuaran de forma sinérgica y secuencial, además, el proceso de inactivación enzimática permitir eliminar microorganismos

d) Cocción

Se realizo el proceso de cocción en el cual se procede a colocar la cáscara de mandarina, con ayuda de un termómetro contralamos la temperatura hasta que llegue a unos 60 °C.

e) Hidrólisis ácida

En esta etapa se agregó el ácido clorhídrico hasta llegar a un pH ideal, con temperatura controlada, agregado el ácido este actuará sobre la cáscara para lograr desprender la pectina, en el transcurso de cocción, por 60 minutos a temperaturas de 90 °C.

f) Filtrado

Se realizo la filtración de la mezcla hidrolizada mediante un liencillo para poder reducir los azúcares y el líquido filtrado será enfriado inmediatamente hasta alcanzar una temperatura de 15 °C. El filtrado será importante para poder separar un sólido que se encuentre ya sea en una suspensión o en una mezcla heterogénea

g) Precipitado

Se agrego etanol frio a una concentración de 96% y se realizará una agitación constante por un tiempo de 2 minutos y luego se dejará en reposo 24 horas. La precipitación se realizó con el fin de retirar los componentes que no forman parte de la pectina, ayudando así a incrementar la pureza de la muestra obtenida.

h) 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 extenderá en un lienzo para ingresarlo a la estufa.

i) Secado

La pectina obtenida fue secada en la estufa a una temperatura de 50 °C por un período de 24 horas, hasta obtener un peso constante.

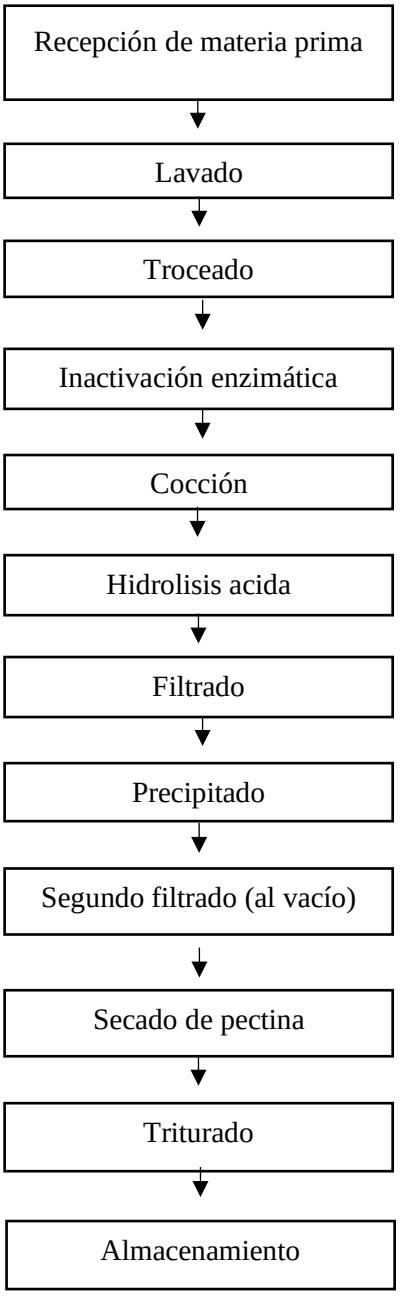
j) Molienda o trituración

Se realizo la molienda de la pectina para poder reducir su tamaño con la ayuda de un molino eléctrico, hasta que se obtenga un polvo fino. Esta etapa será 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.

3.4.2 Diagrama de flujo extracción de pectina por hidrolisis ácida

Figura 9

Diagrama de flujo extracción de pectina por hidrolisis ácida



3.5. Metodología experimental

A continuación, se detalla los análisis que se realizó a la materia prima:

3.5.1 Características físicas de la cáscara de mandarina

Peso: Para determinar el peso de la fruta se procedió a pesar en una balanza analítica, luego se registrará los datos en Excel.

Diámetro polar: Se aplico la norma NTE INEN 1930 (2012).

Diámetro ecuatorial: Se medio mediante escala vernier para determinar el diámetro polar de la mandarina.

% Sólidos solubles: Se determino el grado Brix con ayuda del refractómetro de 0 - 32%.

pH: Se utilizo un pH metro de la marca Mettler Toledo.

3.5.2 Análisis proximal de la cáscara de mandarina

Para el análisis y cálculos proximales se tomó como referencia a la Norma Española, UNE-EN ISO, para lograr dicho propósito.

3.5.2.1 Determinación de humedad

Se realizo de acuerdo a la norma UNE-EN-ISO 18134-3

3.5.2.2 Determinación de cenizas

Se realizo de acuerdo a la norma UNE-EN-ISO 18122

3.5.2.3 Contenido de materias volátiles

Se realizo de acuerdo a la norma UNE-EN-ISO 18123

3.5.3 Análisis elemental de la cáscara de mandarina

3.5.3.1 Determinación de Nitrógeno, Carbono, Hidrogeno, Azufre

Se realizo de acuerdo a la norma UNE-EN-ISO 16948

3.5.4 Análisis estructural

Es el proceso mediante el cual se estudió y evaluó las propiedades internas y la organización de los componentes de un sistema**,** con el fin de entender su comportamiento, función o estabilidad. Dependiendo del campo de aplicación, este análisis puede enfocar en aspectos físicos y químicos.

3.5.4.1 Determinación de pectina

Se realizo de acuerdo a la norma ANSI/ASTM. D2035-13

3.5.5. Variables experimentales

3.5.5.1 Contenido de metoxilo

Se realizo de acuerdo a la norma INEN 0427

3.5.5.2 Contenido del ácido galacturónico

Se realizo de acuerdo a la norma NTE INEN-419 1988

3.5.5.3 Grado de esterificación

Se realizo de acuerdo a la norma NTE INEN 1334-3

3.5.5.4 Fuerza de gelificación

Se realizo de acuerdo a la norma NTE INEN 1521:2005

3.5.5.5 pH Optimo de gelificación

Se realizo de acuerdo a la norma NTE INEN 2825

3.5.5.6 Solidos solubles

Se realizo de acuerdo a la norma AOAC 932.12

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización química y física la materia prima

Se detalla los datos obtenidos de los análisis químicos y físicos, realizados tanto en la fruta y en la cascara de la mandarina criolla (*Citrus reticulata*), estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Investigación y Vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar.

4.1.1 Propiedades químicas y físicas de la mandarina

Tabla 12

Propiedades químicas y físicas de la mandarina criolla (Citrus reticulata)

Parámetros	Variedad de mandarina criolla	
	Promedio	Método
Peso (g)	86,48	Pesaje
Diámetro polar (mm)	46,47	Medición mediante escala vernier
Diámetro ecuatorial (mm)	59,18	
% Solidos solubles (Brix)	24,30	Refractométrico
pH	5,61	Potenciométrico
Humedad total (%)	74,25	UNE-EN-ISO 18134-1
Humedad base seca (%)	71,74	
Cenizas base fresca (%)	0,16	UNE-EN-ISO 18122
Cenizas base seca (%)	0,62	
Volátiles base fresca (%)	98,07	UNE-EN-ISO 18123
Volátiles base seca (%)	31,72	

En la tabla 12 se muestran los valores obtenidos tanto en el fruto y cáscara de la mandarina criolla (*Citrus reticulata*), bajo las normas UNE -EN-ISO.

El valor del peso (g) 86,48, diámetro polar (mm) 46,47, diámetro ecuatorial (mm) 59,18, solidos solubles (Brix) 24,30, pH 5,61, humedad total (%) 74,25, humedad base seca (%) 71,74, cenizas base fresca (%) 0,16, cenizas base seca (%) 0,62, volátiles base fresca (%) 98,07, y volátiles en base seca (%) 31,72, realizado bajo métodos y normas.

Gómez Erika, (2021), realizo un análisis del contenido de cenizas en la cáscara de mandarina, en estado fresco como seco con valores de 0,14%, en fresco y en seco con valores de 0,54%, resultados que son similares a los encontrados en esta investigación.

4.1.2 Análisis elemental de la cáscara de mandarina criolla (*Citrus reticulata*)

Tabla 13

Análisis elemental de la cáscara de mandarina criolla (Citrus reticulata)

Cáscara de mandarina criolla (*Citrus reticulata*)						
Propiedades						
Nitrógeno [%]	Carbono [%]	Hidrógeno [%]	Azufre [%]	C/N ratio	C/H ratio	Método
0,22	11,67	6,48	0,04	53,96	1,81	UNE -EN ISO 16948

En la tabla 13 se detalla los porcentajes obtenidos de la composición elemental de la cáscara de mandarina criolla (*Citrus reticulata*), en estado seco, bajo la normativa UNE-EN-16948.

4.2 Determinación del efecto de cada factor y optimización del proceso

Para realizar la extracción de pectina fueron considerados los siguientes factores de estudio, pH de extracción $a_1 = 1,5$ y $a_2 = 3$, temperatura de extracción $b_1 = 70$ °C y $b_2 = 90$ °C y tiempo $c_1 = 45$ min y $c_2 = 60$ min. Al igual que considerar que se aplicó ácido clorhídrico, para lograr optimizar el proceso de extracción directa con la cáscara de mandarina criolla (*Citrus reticulata*).

Tabla 14

Rendimiento de la pectina por cada tratamiento

Tratamientos	Peso inicial materia prima (gr)	Promedio de rendimiento de la pectina (g)
T1	200	8,94
T2	200	10,17
T3	200	10,15
T4	200	10,17
T5	200	8,71
T6	200	8,95
T7	200	9,77
T8	200	10,29

La Tabla 14 muestra el promedio pectina obtenida en gramos por cada tratamiento, para el proceso de hidrólisis ácida, se empleó 200 gramos de cáscara de mandarina criolla en fresco con 1000 ml de agua destilada, lo que corresponde a una relación 1:5 es decir 5 mililitros de agua destilada por cada gramo de muestra y 5 ml de ácido clorhídrico para pH de 1,5 y 1,7 ml para un pH de 1,5.

En base a los datos obtenidos de la extracción de pectina se destaca que el tratamiento T4 es la mejor, considerando que contiene un mejor rendimiento de pectina con un valor de 10,17 %. Estos resultados corresponden a la extracción de pectina por hidrólisis ácida con un pH ajustado a 1,5 con ácido clorhídrico, una temperatura de 90 °C y un tiempo de 60 minutos, utilizando cascara de mandarina criolla (*Citrus reticulata*).

En la investigación de Bonilla Lucero et al. (2024), determinó un porcentaje máximo de rendimiento del 14,34 % a 90 °C, 60 min y pH 1,5 con el uso de ácido clorhídrico. El cambio en los valores del rendimiento, puede ser a causa de factores como el tipo de ácido usado en la hidrólisis ácida y variedad en los valores de los parámetros utilizados en cada experimento. El rendimiento con el uso del Ácido Clorhídrico (HCl) como medio ácido en la hidrólisis ácida es mayor en comparación con el ácido cítrico.

4.2.1 Análisis elemental de la pectina extraída de cascara de mandarina criolla

Tabla 15
Análisis elemental de la pectina

Análisis pectina						
Propiedades						
Nitrógeno [%]	Carbono [%]	Hidrógeno [%]	Azufre [%]	C/N ratio	C/H ratio	Método
0,22	11,67	6,48	0,04	53,96	1,81	UNE -EN ISO 16948

En la tabla 15, menciona que el rendimiento y nitrógeno, son significativos, el cual remite que a una temperatura de 90 °C y un tiempo de 60 minutos y un pH de 1,5 son los mejores para la extracción, estos datos corresponden al tratamiento T4, el cual cumple con los estándares requeridos, por hidrólisis ácida. Utilizando cáscaras de mandarina criolla.

Gambuguete Luis (2020), en su investigación recalca que el nitrógeno es importante en la pectina ya que es un indicador clave de pureza, cantidad de nitrógeno presente en pectina de mandarina 0, 25%, resultado influenciado por los parámetros de extracción, valor que es similar al obtenido en esta investigación.

4.2.3 Caracterización del mejor tratamiento de la pectina

Tabla 16

Condiciones óptimas de extracción de la pectina

Condiciones óptimas de extracción	
Condición	Pectina extraída cascara de mandarina criolla
pH	1,50
Temperatura (°C)	90
Tiempo (min)	65
Tipo de ácido	Clorhídrico
Promedio de rendimiento pectina (%)	10,17

4.2.4 Análisis de la varianza (ANOVA) para el rendimiento de la obtención de la pectina

Tabla 17

Análisis de varianza de la variable respuesta Rendimiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Factor A (pH)	411,8970	1	411,8970	91,4600	0,0000
B: Factor B (Temperatura)	9,8125	1	9,8125	2,1800	0,1593
C: Factor C (Tiempo)	9,3750	1	9,3750	2,0800	0,1684
INTERACCIONES					
AB	4,4773	1	4,4773	0,9900	0,3336
AC	1,1180	1	1,1180	0,2500	0,6251
BC	0,9842	1	0,9842	0,2200	0,6465
ABC	4,0017	1	4,0017	0,8900	0,3599
Error	72,0605	16	4,5038		
Total	513,7260	23			

En la tabla 17 se detalla el análisis de varianza de la variable respuesta Rendimiento, los valores-p prueban la significancia estadística de cada uno de los factores e interacciones. Puesto que 1 valor-p son menores que 0,05, este factor tiene un efecto significativo sobre el rendimiento con un 95,0%. Al demostrar que los factores de

estudio tienen diferencia significativa, se realizó pruebas de rangos de rangos múltiples por el método de diferencia mínima significativa (LSD) para establecer el nivel de incidencia del factor A.

Los Factores B (Temperatura) y C (Tiempo) muestran efectos significativos, pero considerablemente menores, con valores-p de quince y dieciséis centésimas respectivamente, indicando contribuciones comparables pero secundarias.

Las interacciones de los factores resultan no significativas: AB presenta valor-p de treinta y cuatro centésimas, AC de sesenta y tres centésimas, BC de sesenta y cinco centésimas, y ABC de treinta y seis centésimas.

Figura 10

Gráfico de medias del factor pH

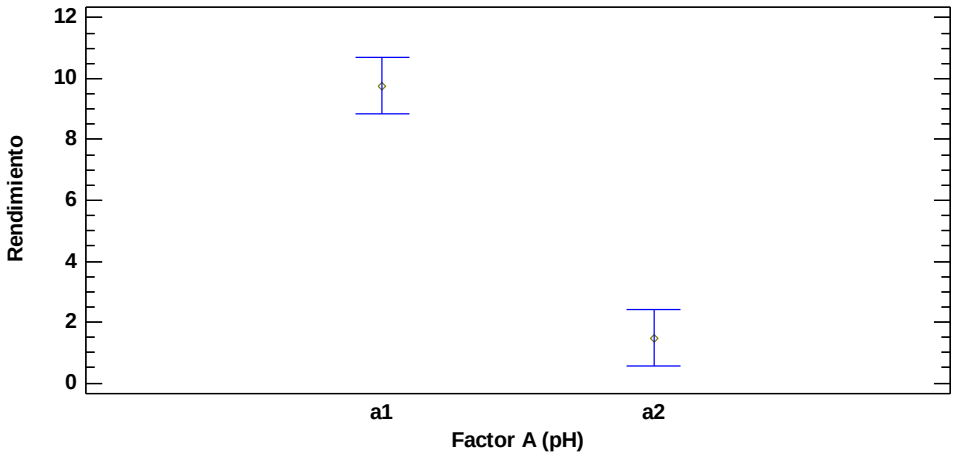


Tabla 18

Pruebas de Múltiple Rangos para Rendimiento por Factor A (pH)

Factor A (pH)	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a2	12	1,477	0,61263	X
a1	12	9,7625	0,61263	X

En la figura 12 y tabla 18 se muestra la comparación de medias del factor A para determinar cuáles son significativamente diferentes de otras. Se ha identificado que existen dos grupos homogéneos a2 y a1, pertenecientes al rendimiento de pectina a partir de cáscaras de mandarina criolla.

En las investigaciones realizadas sobre la extracción de pectina a partir de cáscaras de mandarina Arngo Toloza & Sánchez Pabón, (2018), trabajo con 200g de residuos de mandarina en el cual obtuvieron 8,12 a 10,54 %, en el mismo sentido Rojas Paola, (2022), al analizar el rendimiento de la pectina de cáscara de mandarina criolla reporto 8,16% de rendimiento, valores que son similares al rendimiento obtenido en esta investigación.

4.2.4 Análisis de la varianza (ANOVA) para variable respuesta nitrógeno

Los resultados obtenidos se presentan con el objetivo de dar a conocer la cantidad de nitrógeno que se encuentra en la pectina obtenida expresada en %.

Tabla 19
Análisis de varianza de la variable respuesta Nitrógeno

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Factor A (pH)	0,0247	1	0,0247	29,9400	0,0001
B: Factor B (Temperatura)	0,0026	1	0,0026	3,1600	0,0946
C: Factor C (Tiempo)	0,0330	1	0,0330	40,0100	0,0000
INTERACCIONES					
AB	0,0070	1	0,0070	8,4900	0,0101
AC	0,0117	1	0,0117	14,1900	0,0017
BC	0,0315	1	0,0315	38,2300	0,0000
ABC	0,0165	1	0,0165	20,0500	0,0004
Error	0,0132	16	0,0008		
Total	0,1403	23			

En la tabla 19 se detalla el análisis de varianza de la variable respuesta nitrógeno, los valores-p prueban la significancia estadística de cada uno de los factores e interacciones. Puesto que 6 valores valores-p son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto significativo sobre la variable respuesta nitrógeno con un 95,0% de nivel de confianza. Al demostrar que los factores de estudio tienen diferencia significativa se realizó pruebas de rangos múltiples por el método LSD para

establecer el nivel de incidencia del factor A, factor C con un 95,0% de confianza. Esto presenta características distintivas que difieren sustancialmente del rendimiento. El factor C emerge como factor dominante con valor-p prácticamente nulo y estadístico F superior a cuarenta mil.

El error experimental muestra suma de cuadrados relativamente pequeña, indicando que el modelo de captura eficientemente la variabilidad sistemática. Las estrategias de optimización deben considerar configuraciones multifactoriales específicas dado que el tiempo domina y múltiples interacciones significativas caracterizan el comportamiento del nitrógeno.

Figura 11

Gráfico de medias del factor pH de la variable respuesta Nitrógeno

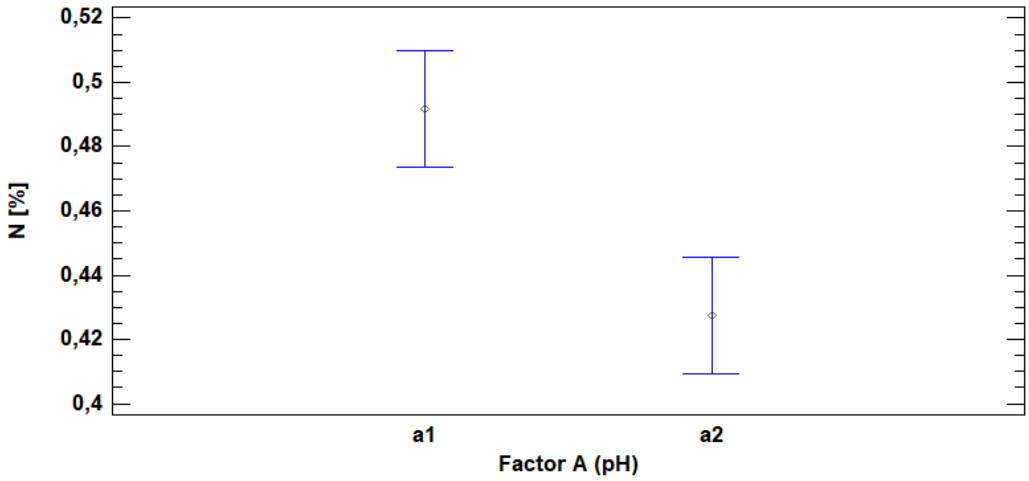


Tabla 20

Pruebas de Múltiple Rangos para Nitrógeno por Factor A (pH)

Factor A (pH)	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a2	12	0,4275	0,00829156	X
a1	12	0,491667	0,00829156	X

En la figura 13 y tabla 20 se muestra la comparación de medias del factor A para determinar su significancia una de otra. Se ha identificado que existen dos grupos homogéneos, el nivel a1 genera concentraciones próximas a cuarenta y nueve centésimas de unidad porcentual, mientras a2 produce aproximadamente cuarenta

y tres centésimas. Esta diferencia representa reducción relativa del doce por ciento, con implicaciones nutricionales o de calidad sustanciales, mientras que el nivel a2 oscila entre cuarenta y una y cuarenta y cuatro centésimas.

Figura 12

Gráfico de medias del factor tiempo para la variable respuesta Nitrógeno

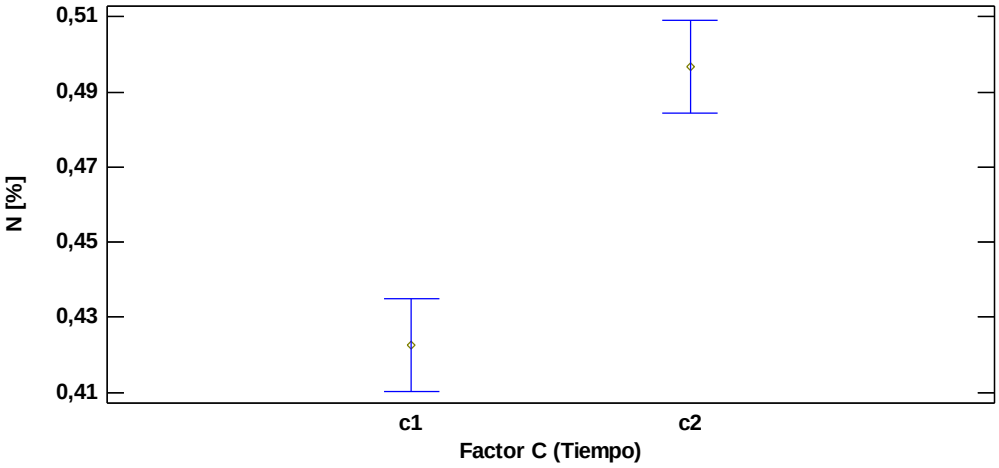


Tabla 21

Pruebas de Múltiple Rangos para Nitrógeno por Factor C (Tiempo)

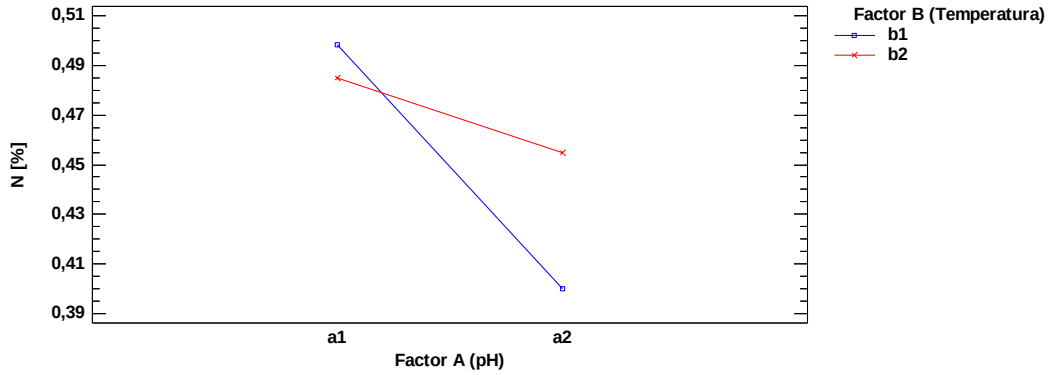
Factor C (Tiempo)	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
c1	12	0,4225	0,00829156	X
c2	12	0,496667	0,00829156	X

En la figura 14 y tabla 21 se muestra la comparación de medias del factor C para determinar cuáles son significativamente diferentes de otras. Se a identificado que existe dos grupos homogéneos, el nivel c1 gráfico de medias revela diferenciación estadísticamente significativa entre niveles evaluados para contenido de nitrógeno. El nivel c2 presenta media superior aproximada de cuarenta y nueve centésimas de unidad porcentual, exhibe intervalo ligeramente más amplio que c1, aunque la variabilidad permanece controlada en ambos casos. Las desviaciones estándar prácticamente idénticas de ocho milésimas sugieren homogeneidad de variabilidad experimental entre grupos.

La asignación diferenciada en grupos homogéneos, marcando ambos tiempos con "X" en conjuntos distintos, confirma separación estadística clara mediante procedimiento de comparaciones múltiples.

Figura 13

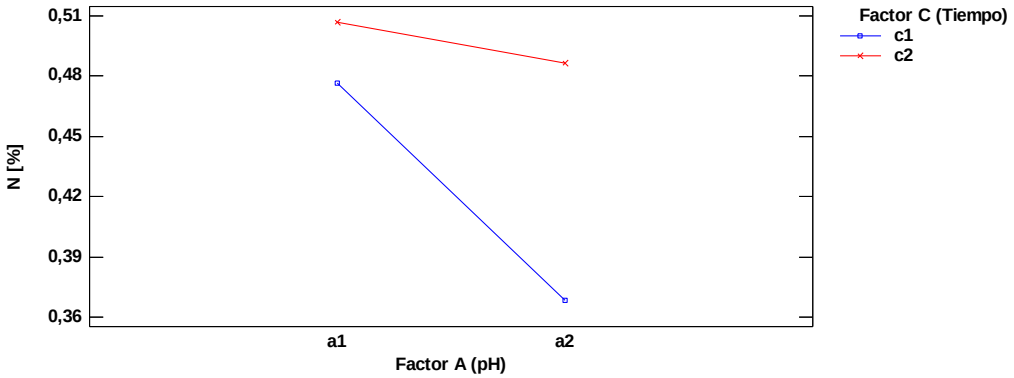
Interacción de los niveles del factor A x B



La figura 15 muestra la interacción del factor A con el factor B, el cual nos indica que, al realizar únicamente la extracción de pectina por hidrolisis ácida, se obtendrá un mayor rendimiento de pectina. De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se pudo verificar que a temperatura b1, el incremento del pH de a1 a a2 genera una disminución pronunciada de N (aproximadamente de 0.68% a 0.55%). Contrariamente, a temperatura b2, esta reducción es más moderada (de 0.61% a 0.57%). Las líneas convergentes confirman la significancia estadística de la interacción A×B ($p<0.05$), sugiriendo que la optimización del proceso requiere considerar simultáneamente ambas variables operacionales.

Figura 14

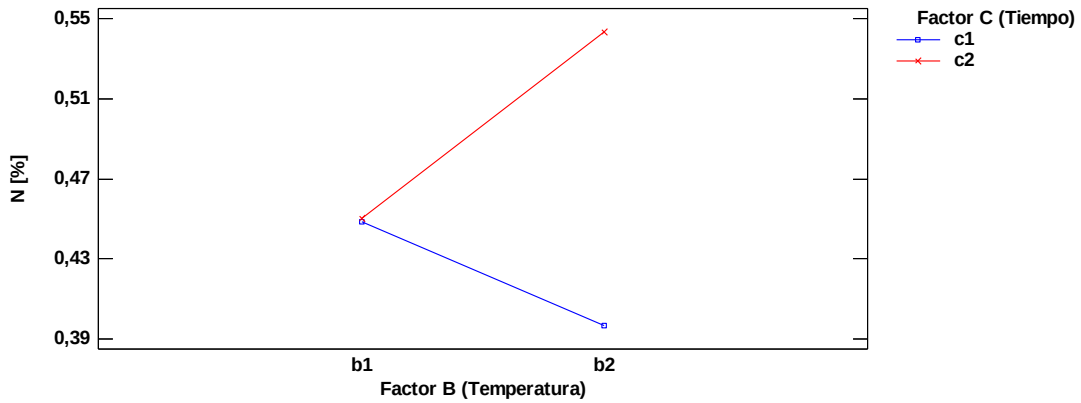
Interacción de los niveles del factor A x C



En la figura 16 muestra la interacción del factor A con el factor C, el cual nos indica que, al realizar únicamente la extracción de pectina por hidrolisis ácida, se obtendrá un mayor rendimiento de pectina, se revela el comportamiento conjunto del pH (Factor A) y el tiempo (Factor C) sobre la variable respuesta N (%). Se observa una interacción significativa evidenciada por las líneas no paralelas. A tiempo c1, el aumento del pH de a1 a a2 produce una disminución mínima de N (de 0.51% a 0.48%), mientras que a tiempo c2, esta reducción es drásticamente mayor (de 0.48% a 0.36%). La pronunciada divergencia entre las líneas indica que el efecto del pH se intensifica a mayores tiempos de proceso, sugiriendo que la cinética de la reacción depende críticamente de la combinación pH-tiempo, siendo fundamental optimizar ambos parámetros simultáneamente.

Figura 15

Interacción de los niveles del factor B x C



En la figura 17 muestra la interacción del factor B con el factor C, el cual nos indica que, al realizar únicamente la extracción de pectina por hidrolisis ácida, se obtendrá un mayor rendimiento de pectina. Se evidencia una interacción altamente significativa caracterizada por líneas con pendientes opuestas. A tiempo c1, el incremento de temperatura de b1 a b2 genera una disminución de N (de 0.65% a 0.56%), mientras que a tiempo c2, este mismo incremento produce un aumento considerable (de 0.46% a 0.54%). Esta inversión en la tendencia indica que el efecto de la temperatura sobre N es dependiente del tiempo de proceso, sugiriendo mecanismos cinéticos complejos donde condiciones prolongadas favorecen respuestas diferentes a las observadas en tiempos cortos.

4.2.5 Análisis de la varianza (ANOVA) para la variable respuesta carbono

Los resultados obtenidos se presentan con el objetivo de dar a conocer la cantidad de carbono que se encuentra en la pectina obtenida expresada en %.

Tabla 22

Análisis de varianza de la variable respuesta carbono

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Factor A (pH)	2,1480	1	2,1480	17,9400	0,0006
B: Factor B (Temperatura)	0,0338	1	0,0338	0,2800	0,6028
C: Factor C (Tiempo)	0,6600	1	0,6600	5,5100	0,0321
INTERACCIONES					
AB	1,2150	1	1,2150	10,1500	0,0057
AC	0,1014	1	0,1014	0,8500	0,3711
BC	1,4211	1	1,4211	11,8700	0,0033
ABC	1,8260	1	1,8260	15,2500	0,0013
Error	1,9157	16	0,1197		
Total	9,3209	23			

En la tabla 22 se detalla el análisis de varianza de la variable respuesta carbono, los valores-p prueban la significancia estadística de cada uno de los factores e interacciones. Puesto que 5 valores valores-p son menores que 0,05, estos factores

tienen un efecto significativo sobre la variable respuesta nitrógeno con un 95,0% de nivel de confianza. Al demostrar que los factores de estudio tienen diferencia significativa se realizó pruebas de rangos múltiples por el método LSD para establecer el nivel de incidencia del factor A, factor C con un 95,0% de confianza. Esto presenta características distintivas que difieren sustancialmente del rendimiento. El factor A emerge como factor dominante con valor-p prácticamente nulo y estadístico F superior a cuarenta mil.

El error experimental muestra suma de cuadrados relativamente pequeña, indicando que el modelo de captura eficientemente la variabilidad sistemática. Las estrategias de optimización deben considerar configuraciones multifactoriales específicas dado que el tiempo domina y múltiples interacciones significativas caracterizan el comportamiento del carbono.

Figura 16

Gráfico de medias del factor pH de la variable respuesta Carbono

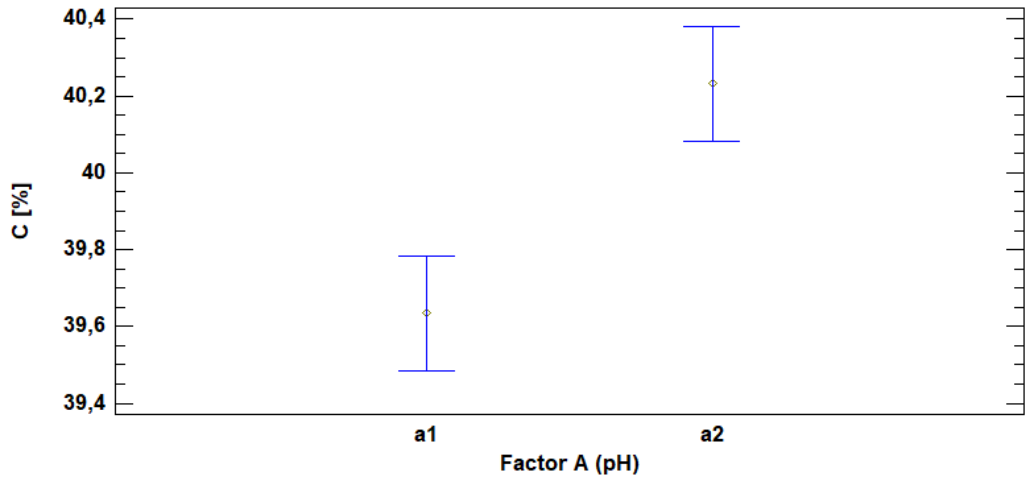


Tabla 23

Pruebas de Múltiple Rangos para Carbono por factor A (pH)

Factor A (pH)	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a1	12	39,6342	0,0998871	X
a2	12	40,2325	0,0998871	X

En la figura 18 y tabla 23 se muestra la comparación de medias del factor A para determinar su significancia una de otra. Se ha identificado que existen dos grupos

homogéneos, el nivel a1 genera concentraciones próximas a cuarenta y nueve centésimas de unidad porcentual, mientras a2 produce aproximadamente y genera concentraciones próximas a cuarenta unidades porcentuales, mientras a1 produce aproximadamente treinta y nueve unidades y seis décimas. Esta diferencia representa incremento relativo del uno por ciento.

El gráfico de medias del Factor A revela diferenciación estadísticamente significativa entre niveles de pH para contenido de carbono. El nivel a2 optimiza carbono y maximiza rendimiento, aunque resulta subóptimo para nitrógeno, planteando escenario de optimización multiobjetivo.

Figura 17
Gráfico de medias del factor tiempo para la variable respuesta Carbono

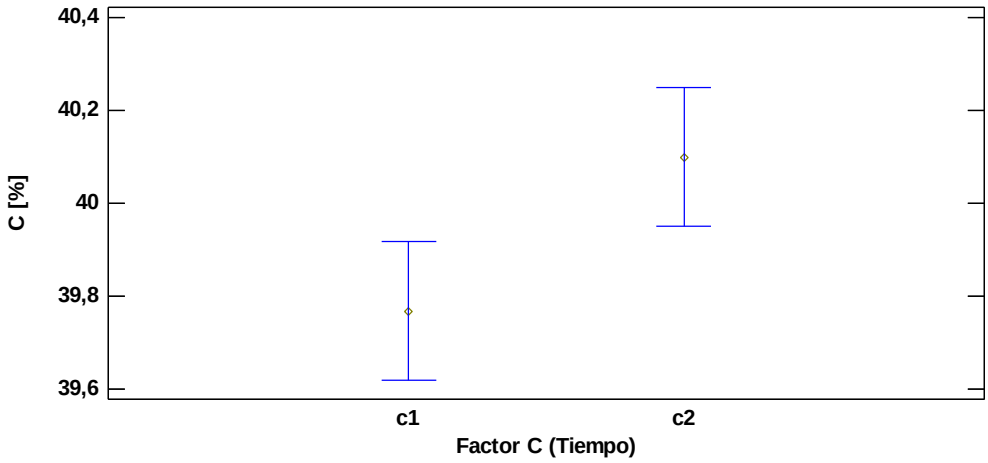


Tabla 24
Pruebas de Múltiple Rangos para Carbono por Factor C (Tiempo)

Factor C (Tiempo)	*Casos*	*Media LS*	*Sigma LS*	*Grupos Homogéneos*
c1	12	39,7675	0,0998871	X
c2	12	40,0992	0,0998871	X

En la figura 19 y tabla 24 se muestra la comparación de medias del factor C para determinar su significancia una de otra. Se ha identificado que existen dos grupos homogéneos, el nivel a1 genera concentraciones próximas a cuarenta y nueve centésimas de unidad porcentual, mientras a2 produce aproximadamente y genera

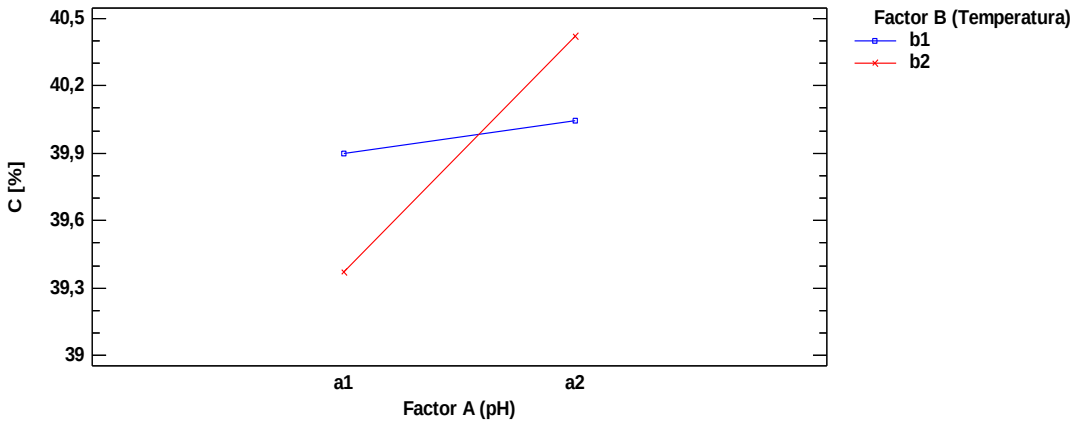
concentraciones próximas a cuarenta unidades porcentuales, mientras a1 produce aproximadamente treinta y nueve unidades y seis décimas. Esta diferencia representa incremento relativo del uno por ciento.

El gráfico de medias del Factor C no revela diferenciación estadísticamente significativa entre niveles de pH para contenido de carbono. El nivel a2 optimiza carbono y maximiza rendimiento, aunque resulta subóptimo para nitrógeno, planteando escenario de optimización multiobjetivo.

Las desviaciones estándar prácticamente idénticas de aproximadamente diez centésimas indican homogeneidad de variabilidad experimental. La asignación de la letra "X" a ambos niveles en grupos homogéneos diferenciados confirma separación estadística clara.

Figura 18

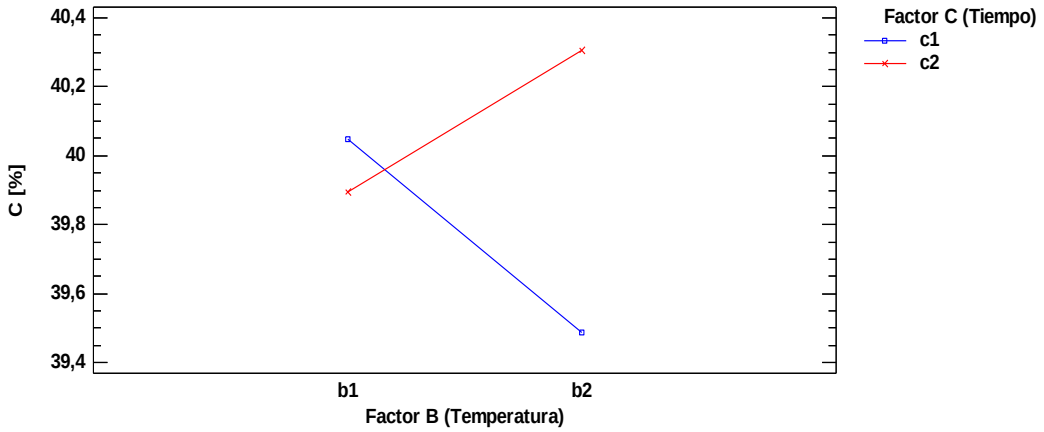
Interacción de los niveles del factor A x B



En la figura 20 muestra la interacción del factor A con el factor B, el cual nos indica que, al realizar únicamente la extracción de pectina por hidrolisis ácida, se obtendrá un mayor rendimiento de pectina. Se evidencia una interacción altamente significativa caracterizada por líneas con pendientes opuestas. A temperatura b1, el incremento del pH de a1 a a2 produce un aumento moderado de C (de 39.9% a 40.0%), mientras que a temperatura b2, este incremento es notablemente mayor (de 39.3% a 40.4%). La divergencia entre las líneas indica que el efecto positivo del pH sobre C se potencia a mayores temperaturas, sugiriendo un efecto sinérgico entre ambos factores que debe considerarse en la optimización del proceso experimental.

Figura 19

Interacción de los niveles del factor B x C



En la figura 21 muestra la interacción del factor B con el factor C, el cual nos indica que, al realizar únicamente la extracción de pectina por hidrolisis ácida, se obtendrá un mayor rendimiento de pectina. Se evidencia una interacción altamente significativa caracterizada por líneas con pendientes opuestas. A tiempo c1, el incremento de temperatura de b1 a b2 ocasiona una disminución pronunciada de C (de 40.05% a 39.5%), mientras que a tiempo c2, este mismo incremento genera un aumento considerable (de 39.9% a 40.3%). Esta inversión completa en la dirección del efecto indica que el comportamiento de la temperatura depende críticamente del tiempo de proceso, sugiriendo mecanismos de reacción competitivos donde tiempos prolongados favorecen respuestas térmicas antagónicas.

4.2.6 Análisis de la varianza (ANOVA) para la variable respuesta hidrógeno

Los resultados obtenidos se presentan con el objetivo de dar a conocer la cantidad de hidrógeno que se encuentra en la pectina obtenida expresada en %.

Tabla 24
Análisis de varianza de la variable respuesta Hidrógeno

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Factor A (pH)	12,3855	1	12,3855	70,3500	0,0000
B: Factor B (Temperatura)	3,5351	1	3,5351	20,0800	0,0004
C: Factor C (Tiempo)	0,0016	1	0,0016	0,0100	0,9248
INTERACCIONES					
AB	4,3138	1	4,3138	24,5000	0,0001
AC	0,1668	1	0,1668	0,9500	0,3448
BC	0,2716	1	0,2716	1,5400	0,2321
ABC	0,1183	1	0,1183	0,6700	0,4244
Error	2,8168	16	0,1761		
Total	23,6096	23			

En la tabla 25 se detalla el análisis de varianza de la variable respuesta hidrógeno, los valores-p prueban la significancia estadística de cada uno de los factores e interacciones. Puesto que 3 valores valores-p son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto significativo sobre la variable respuesta nitrógeno con un 95,0% de nivel de confianza. Al demostrar que los factores de estudio tienen diferencia significativa se realizó pruebas de rangos múltiples por el método LSD para establecer el nivel de incidencia del factor A, factor B con un 95,0% de confianza. Esto presenta características distintivas que difieren sustancialmente del rendimiento.

El error experimental muestra suma de cuadrados relativamente pequeña, indicando que el modelo de captura eficientemente la variabilidad sistemática. Las estrategias de optimización deben considerar configuraciones multifactoriales específicas dado

que el tiempo domina y múltiples interacciones significativas caracterizan el comportamiento del hidrógeno.

Figura 20
Gráfico de medias del factor pH de la variable respuesta Hidrógeno

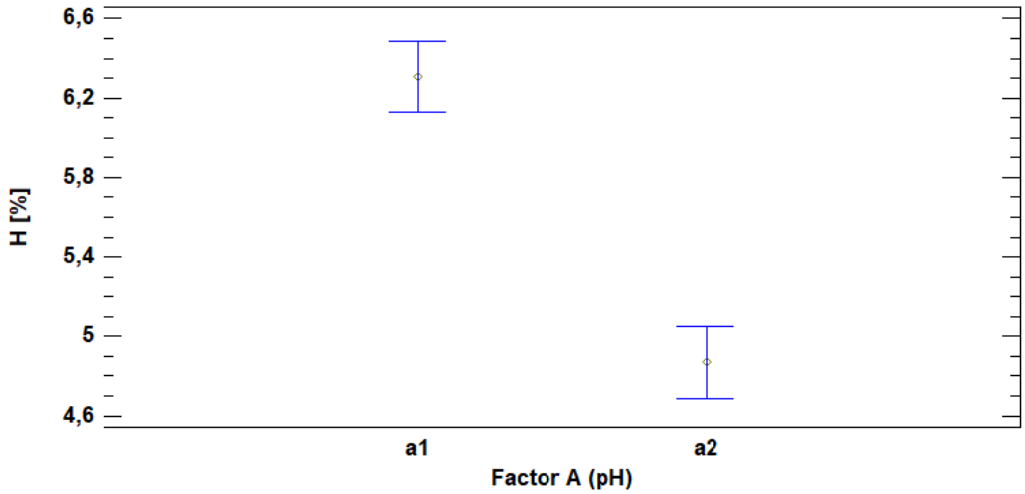


Tabla 25
Pruebas de Múltiple Rangos para Hidrógeno por Factor A (pH)

Factor A (pH)	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a2	12	4,87117	0,121124	X
a1	12	6,30792	0,121124	X

En la figura 19 y tabla 24 se muestra la comparación de medias del factor C para determinar su significancia una de otra. Se ha identificado que existen dos grupos homogéneos, el nivel a1 genera concentraciones próximas a cuarenta y nueve centésimas de unidad porcentual, mientras a2 produce aproximadamente y genera concentraciones próximas a cuarenta unidades porcentuales, mientras a1 produce aproximadamente treinta y nueve unidades y seis décimas. Esta diferencia representa incremento relativo del uno por ciento. La ausencia completa de solapamiento constituye evidencia visual inequívoca de significancia estadística, con separación notablemente superior a la observada en nitrógeno y carbono.

Figura 21
Gráfico de medias del factor temperatura de la variable respuesta Hidrogeno

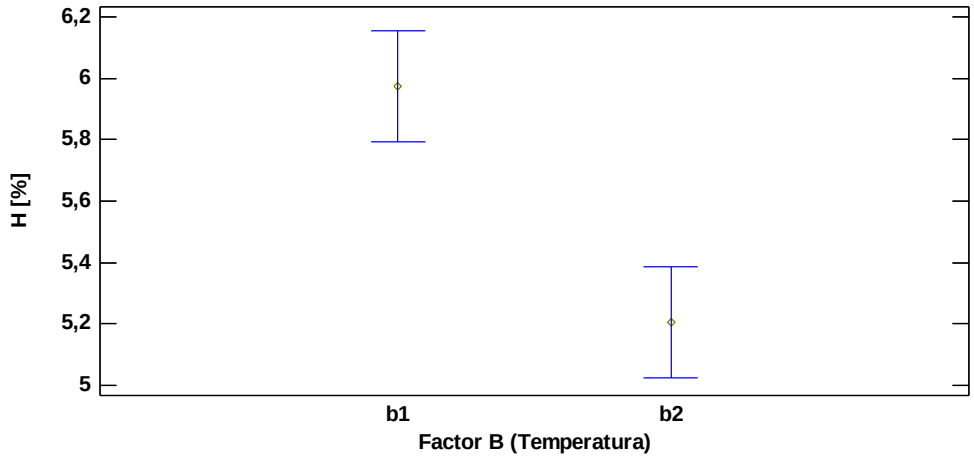


Tabla 26

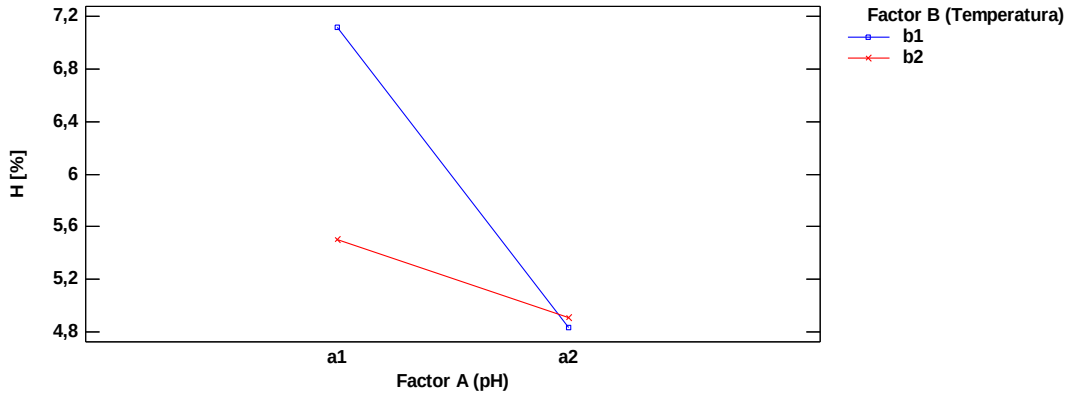
Pruebas de Múltiple Rangos para Hidrógeno por Factor por factor B temperatura

Factor B (Temperatura)	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
b2	12	5,20575	0,121124	X
b1	12	5,97333	0,121124	X

En la figura 23 y tabla 27 se muestra la comparación de medias del factor B para determinar cuáles son significativamente diferentes de otras. Se identifico que existe dos grupos homogéneos, el nivel b1 correspondiente al gráfico de medias del Factor B (Temperatura) revela diferenciación estadísticamente significativa y de magnitud considerable en el contenido porcentual de hidrógeno. El nivel b1 genera concentraciones sustancialmente superiores de aproximadamente seis unidades porcentuales, mientras b2 produce cinco unidades y dos décimas. Esta diferencia de ocho décimas absolutas representa reducción relativa del trece por ciento al transitar de b1 a b2, constituyendo magnitud considerable desde perspectivas estadísticas y prácticas, confirma cuantitativamente el patrón observado, con b1 alcanzando aproximadamente seis unidades porcentuales y b2 posicionándose en cinco unidades y dos décimas.

Figura 22

Interacción de los niveles del factor A x B



En la figura 24 muestra la interacción del factor A con el factor B, el cual nos indica que, al realizar únicamente la extracción de pectina por hidrolisis ácida, se obtendrá un mayor rendimiento de pectina. Se evidencia una interacción altamente significativa caracterizada por líneas con pendientes opuestas. A temperatura b1, el incremento del pH de a1 a a2 genera una disminución drástica de H (de 7.0% a 4.8%), mientras que a temperatura b2, esta reducción es considerablemente más moderada (de 5.4% a 4.9%). La notable diferencia en las pendientes indica que el efecto inhibitorio del pH sobre H es más pronunciado a temperaturas bajas, sugiriendo que la temperatura b2 amortigua la sensibilidad del sistema a variaciones de pH.

4.2.7 Análisis de la varianza (ANOVA) para la variable respuesta azufre

Los resultados obtenidos se presentan con el objetivo de dar a conocer la cantidad de azufre que se encuentra en la pectina obtenida expresada en %.

Tabla 27
Análisis de varianza de la variable respuesta Azufre

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Factor A (pH)	0,0296	1	0,0296	3,8900	0,0660
B: Factor B (Temperatura)	0,0296	1	0,0296	3,8900	0,0660
C: Factor C (Tiempo)	0,0243	1	0,0243	3,1900	0,0931
INTERACCIONES					
AB	0,0296	1	0,0296	3,8900	0,0660
AC	0,0243	1	0,0243	3,1900	0,0931
BC	0,0243	1	0,0243	3,1900	0,0931
ABC	0,0243	1	0,0243	3,1900	0,0931
Error	0,1217	16	0,0076		
Total	0,3076	23			

En la tabla 28 se detalla el análisis de varianza de la variable respuesta nitrógeno, los valores-p prueban la significancia estadística de cada uno de los factores e interacciones. Puesto que valores-p son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto significativo sobre la variable respuesta nitrógeno con un 95,0% de nivel de confianza. Al demostrar que los factores de estudio tienen diferencia significativa se realizó pruebas de rangos múltiples por el método LSD para establecer el nivel de incidencia del factor A, factor C con un 95,0% de confianza. Esto presenta características distintivas que difieren sustancialmente del rendimiento.

El error experimental muestra suma de cuadrados relativamente pequeña, indicando que el modelo de captura eficientemente la variabilidad sistemática. Las estrategias de optimización deben considerar configuraciones multifactoriales específicas dado que el tiempo domina y múltiples interacciones significativas caracterizan el comportamiento del Azufre.

4.3 Análisis de calidad del mejor tratamiento

El metoxilo, grado de esterificación, ácido galacturónico, fuerza gelificante, pH óptimo de gelificación, sólidos solubles, humedad, cont. cenizas, pH de extracción, rendimiento, N (%), C (%), H (%), S (%), son parámetros importantes para determinar la calidad de la pectina y su funcionalidad.

Tabla 28
Parámetros de calidad

Parámetros de calidad	Valor	Referencias
Metoxilo (%)	8,00	Debe ser >7%
Grado esterificación (%)	62,83	Debe ser >50%
Ácido galacturónico (%)	79,73	Mínimo requerido 65%
Fuerza gelificante (SAG)	250,00	Estandarizado > 250 °SAG
pH Optimo de gelificación	3,50	Entre 2,8 y 4,7
Sólidos solubles	4,20	Valor típico en pectinas
Humedad	12,27	Valor dentro de lo requerido
Cont. Cenizas	1,57	Bajo contenido de impurezas
pH de extracción	1,50	Dentro del rango común
Rendimiento	9,12	Aceptable para extracción de pectina
N [%]	0,52	Composición elemental normal
C [%]	40,34	Composición elemental normal
H [%]	5,31	Composición elemental normal
S [%]	0,00	Composición elemental normal
C/N ratio	77,49	Composición elemental normal
C/H ratio	7,60	Composición elemental normal

En la tabla 30 menciona que el contenido de metoxilo es de 8.00 %, lo que se traduce en un grado de esterificación (GE) del 62.83 %. Este valor, superior al 50 %, clasifica al material como pectina HM. Esta característica estructural dicta su mecanismo de gelificación, el cual requiere condiciones específicas: un pH ácido óptimo de 3.5 y una alta concentración de sólidos solubles >55 % de azúcar, para formar un gel. La fuerza gelificante es de 500 grados SAG, un valor de moderado-alto que indica la capacidad para producir geles firmes y estables en aplicaciones convencionales.

La pureza del extracto es notable, indicada principalmente por: Contenido de ácido galacturónico (AG) del 79.73 %: Este valor supera ampliamente el 65 % mínimo requerido para pectinas de grado alimentario, confirmando la eficacia del proceso de extracción y purificación. El (AG) es la unidad fundamental de la pectina.

Zúñiga Estefanía, (2024), menciona que se clasifican como pectina de alto metoxilo, debido a que el grado de esterificación es mayor al 50%, las cuales son las más utilizadas en la industria de alimentos Lorenzo et al., (2020). Además, según la FAO (2019), la calidad de la pectina se basa en el porcentaje de ácido galacturónico con un porcentaje mínimo del 65%. En este contexto, la pectina extraída posee un porcentaje de pureza menor del 79.73%.

2.4 Análisis determinación de pureza en la pectina obtenida

Tabla 29
Espectros FT-IR de la pectina

NÚMERO PICO	X (cm-1)	NUMERO DE ONDA (cm-1)	GRUPO FUNCIONAL
1	3323,19	3550-3200	Alcoholes y fenoles
2	1735,97	1740-1720	Aldehídos
3	1645,85	1690-1630	Amidas
4	1229,39	1320-1210	Ácidos carboxílicos y derivados
5	1014,20	1260-1000	Éteres y Ésteres

La tabla 30 menciona que las bandas de absorción características de la pectina, revelando su compleja estructura molecular: Banda 1 (3323 cm^{-1}): Corresponde a vibraciones de estiramiento O-H de grupos hidroxilo y posibles grupos fenólicos. Esta señal intensa indica la naturaleza altamente hidroxilada de la pectina, responsable de su capacidad de formar geles e interactuar con el agua. Banda 2 (1736 cm^{-1}): Señal característica del grupo carbonilo (C=O) en ésteres, específicamente de los grupos metoxilo esterificados del ácido galacturónico. La intensidad de esta banda permite determinar el grado de esterificación de la pectina, parámetro crucial para sus propiedades gelificantes. Banda 3 (1646 cm^{-1}): Atribuida a grupos amida, probablemente de proteínas residuales o modificaciones químicas

de la pectina durante su extracción o procesamiento. Banda 4 (1229 cm^{-1}): Corresponde a ácidos carboxílicos y sus derivados, representando los grupos carboxilo libres o ionizados del esqueleto de ácido galacturónico, unidad monomérica principal de la pectina. Banda 5 (1014 cm^{-1}): Vibraciones C-O-C de enlaces éter y éster en la cadena polisacarídica, reflejando los enlaces glucosídicos que unen las unidades de azúcar.

Este espectro confirma la estructura típica de las pectinas como polisacáridos ácidos parcialmente esterificados.

4.5 Utilización de la pectina del mejor tratamiento en un producto agroindustrial

4.5.1 Elaboración de mermelada con pectina como agente gelificante

a) Recepción y selección de la materia prima

Se recepto la materia prima en el Laboratorio de Vinculación y Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar, se coloca en gavetas de plástico para facilitar su transporte.

b) Lavado

Se lavo las fresas con agua potable para eliminar tierra, impurezas y residuos de pesticidas. Luego, se desinfectan usando soluciones apropiadas (por ejemplo, hipoclorito de sodio diluido o ácido peracético) para eliminar microorganismos patógenos o alterantes.

c) Despulpado

Se procedió a para separar la pulpa de las semillas, pieles o fibras no deseadas. Se utilizo un despulpador (equipo con tamices y rodillos). El objetivo es obtener una pulpa homogénea lista para su cocción o formulación.

d) Pesado de aditivos

Se calculo la cantidad de azúcar (usualmente 50–65% del peso de la pulpa) y otros ingredientes como pectina, acido ascórbico y sorbato de potasio.

e) Cocción

La pulpa se cocinó en marmitas o equipos industriales.

La cocción:

- Reducir el contenido de agua.
- Mejora la textura y sabor.
- Permite agregar azúcar, pectina, ácido ascórbico y sorbato de potasio
- Asegura la destrucción de microorganismos.

f) Control de parámetros

Durante y después de la cocción se monitorean los parámetros críticos como:

- pH (para asegurar acidez adecuada).
- °Brix (contenido de azúcares).
- Temperatura (para garantizar inocuidad).
- Textura y viscosidad (dependiendo del producto).
- Acidez (sabor y color)

Estos controles aseguraran la calidad y seguridad del producto.

g) Enfriado

Los frascos se dejó enfriar a temperatura ambiente, preferiblemente en posición invertida durante unos minutos, luego se almacena verticalmente.

h) Envasado

La mermelada se colocó aún caliente (80–90 °C) en frascos de vidrio esterilizados, se sellarán herméticamente y se voltearán para hacer vacío.

Figura 23
Mermelada de mora envasada



i) Etiquetado y almacenado

Se etiqueto cada frasco con fecha de elaboración y lote, y se almacena en un lugar fresco, seco y protegido de la luz.

Figura 24
Etiqueta del producto



Figura 25
Etiquetado de la mermelada de mora



4.6 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Las hipótesis de investigación fueron:

4.6.1 Hipótesis nula (H_o)

H_0 : Extraer la pectina a partir de cáscara de mandarina *(Citrus reticulata)*, mediante la metodología de hidrólisis ácida, y su aplicación en la elaboración de un producto agroindustria no cumple con los criterios de calidad.

4.6.2 Hipótesis alterna (H_a)

H_a : Extraer la pectina a partir de cáscara de mandarina *(Citrus reticulata)*, mediante la metodología de hidrólisis ácida, y su aplicación en la elaboración de un producto agroindustria cumple con los criterios de calidad.

4.6.3 Comprobación de la hipótesis

Con base a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis alterna, debido a que la pectina obtenida a partir de cáscara de mandarina *(Citrus reticulata)*, mediante la metodología de hidrólisis ácida, y su aplicación en la elaboración de un producto agroindustria cumple con los criterios de calidad como son: metoxilo, grado de esterificación, ácido galacturónico, fuerza gelificante, pH óptimo de gelificación, sólidos solubles.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La pectina extraída de cáscara de mandarina criolla (*Citrus reticulata*), mediante hidrólisis ácida a un (pH 1.5), obtuvo un rendimiento del 9.12% con características estructurales superiores: grado de esterificación de 62.83% (clasificación HM), contenido de ácido galacturónico de 79.73% (superior al 65% requerido por estándares alimentarios) y fuerza gelificante de 500 grados SAG.

La caracterización fisicoquímica revela una pureza aceptable, con mínima presencia de impurezas: contenido de cenizas de 1.57%, nitrógeno de 0.52% (relación C/N de 77.49 indicando ausencia de contaminación proteica), sólidos solubles de 4.2% y humedad de 12.27% dentro del rango comercial estándar (8-15%). Estos valores confirman que el proceso de extracción y purificación fue altamente selectivo, eliminando eficazmente componentes indeseables (minerales, proteínas, azúcares libres) mientras preservó la integridad estructural de la pectina, garantizando estabilidad microbiológica y propiedades funcionales óptimas para aplicaciones agroindustriales.

Las propiedades funcionales de la pectina extraída (pH óptimo de gelificación 3.5, capacidad de formar geles en presencia de >55% de azúcar, fuerza gelificante moderada-alta) la hacen ideal para su aplicación en productos agroindustriales tradicionales como mermeladas, jaleas y confitería. Se valida la factibilidad técnica de aprovechar un subproducto agroindustrial (cáscara de mandarina) para generar un ingrediente funcional de alto valor agregado, contribuyendo a la economía circular y sostenibilidad del sector citrícola.

5.2 Recomendaciones

- Realizar extracciones de pectina de otras variedades de mandarinas originarias de la región, y comprara su potencial del porcentaje de rendimiento en la extracción.

- Determinar el contenido de pectina total a través de espectrofotómetro UV-Visible, para evaluar de más eficiente su calidad y funcionalidad.
- Realizar una evaluación de costo y producción de la pectina, para aprovechar de mejor manera los residuos de los cítricos.
- Realizar una buena agitación durante el proceso de extracción de la pectina, a fin de lograr una homogénea distribución del calor en la masa de solución.
- Incentivar a los pequeños y medianos productores a la reutilización de las cáscaras de mandarina dándole un valor agregado mediante la extracción de pectina.

Bibliografía

Acevedo, J. V. (2016). Aprovechamiento de los residuos de la industria del zumo de mandarina para la obtención de 2-3 butanodiol. Sevilla: Universidad de Sevilla. Obtenido de https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/20506/fichero/Proyecto+fin+de+carrera+FINAL.pdf

Acosta Solis, M. (2021). *Citrus sinensis.* Obtenido de https://herbario.istmas.edu.ec/rutaceae/naranja/

Agricola, C. &. (4 de Octubre de 2018). *Subdivisiones cascara de mandarina*. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658077X16300960

Ajila, L. P. (2022). Análisis de la producción y comercialización de mandarina en la provincia de El Oro en el periodo. *Ciencia latina revista multidiciplinar*, 14.

Albarracin, V. G. (2020). *Residuos de citricos* https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/693/80998_67141.pdf?sequence=1

Albiz, M. (18 de Octubre de 2019). *Washington.* Obtenido de https://pe.all.biz/mandarina-washington-navel-g23651#google_vignette

Alcivar Medranda, G. (24 de Mayo de 2019). *Produccion mundial de mandarina.* Obtenido de https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/2300/1/ULEAM-AGRO-0054.pdf

Alvarado, P. M. (16 de 09 de 2021). *Estudio de la cadena economica de citricos en la provincia de los Rios*. Obtenido de Estudio de la cadena economica de citricos en la provincia de los Rios: https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v12i3.3430

Alvarez Moreno, B. (11 de Julio de 2020). *Estudio contenido de beneficios de la cascara de mandarina.* Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-78182006000300005&script=sci_abstract

andrade-yucailla. (s.f.). *El Comportamiento productivo de la adición de rechazo de cáscara de mandarina cavendish (Musa acuminata Cavendish Subgroup) cocido en la alimentación de cerdos posdestete* . Obtenido de El Comportamiento productivo de la adición de rechazo de mandarina cavendish (Musa acuminata Cavendish Subgroup) cocido en la alimentación de cerdos posdestete.

Arboleda, L. (30 de 12 de 2021). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales como alternativa en el mejoramiento de la calidad del ambiente*. Obtenido de Aprovechamiento de residuos agroindustriales como alternativa en el mejoramiento de la calidad del ambiente: https://portal.amelica.org/ameli/journal/540/5403342023/html/

Arboleda, Luis; Uvidia, Hernán ; Aguiar, Santiago. (2021). Aprovechamiento de residuos agroindustriales como alternativa en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias AL*, 15.

Baena, M. (2020). *Morfología de la planta mandarina*. Obtenido de Morfología de la planta del banano: https://www.promusa.org/Morfolog%C3%ADa+de+la+planta+del+banano

Bailey, F. (4 de Mayo de 2022). *Variedad valencia comun.* Obtenido de https://www.allrecipes.com/article/what-are-valencia-oranges/

Bemsan. (22 de Julio de 2020). *Thompson.* Obtenido de https://paltasonline.cl/product/mandarina-thompson/

BISTUA. (8 de Agosto de 2017). *Beneficios que brinda la cascara de mandarina.* Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/903/90312176003.pdf

Burgos Briones, A. (26 de Septiembre de 2019). *Caracterizacion mandarina.* Obtenido de https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/1015

Burgos, J. (18 de Octubre de 2023). *Cascara de mandarina.* Obtenido de https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4449

Burlingame, B. (03 de 2018). *La nutricion y los sistemas alimentarios* . Obtenido de La nutricion y los sistemas alimentarios : chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e6c85124-db5a-4f56-bccc-6b84994cd5a0/content

Cabrera, J. B. (09 de 2020). *La producción de mandarina* . Obtenido de La producción de banano : chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/7217/721778107024.pdf

Campelo Valle, A. (2023). *Produccion citrus sinensis.* Obtenido de https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8500/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000102.pdf?sequence=1

Caron, P. (03 de 2018). *La nutricion y los sistemas alimentarios*. Obtenido de La nutricion y los sistemas alimentarios : chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e6c85124-db5a-4f56-bccc-6b84994cd5a0/content

Carrera, C. (2020). Manual de especificación de nutrientes de pic. *manual de especificación de nutrientes.*, 63.

Castellanos, E. (01 de 11 de 2021). *Mandarina y su produccion*. Obtenido de Crecimiento cerdos: https://masporcicultura.com/crecimiento-cerdos-engorde/

Cayambe, M. (2022). Sistemas de manejo de la producción de citricos. Caso: Cantón Carlos Julio Arosemena Tola, Ecuador. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 2542-3088.

Chasquibol Silva et al, N. (14 de Mayo de 2017). *Extracción y caracterización de pectinas.* Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428492010.pdf

Chavez, A. N. (2019). Evaluación produccion de mandarina. *Papers uploaded to Academia get 69% more citations.*, 24.

Chusín, A. (9 de Mayo de 2023). *Universidad Tecnica de Ambato.* Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/47e8b2e5-5911-4873-8c75-b9e078b4c964/content

Citrus & life. (12 de Julio de 2021). *Valencia Delta.* Obtenido de https://citrusandlife.com/es/naranjo-dulce/20-valencia-delta-seedless.html

Coba, G. (09 de 09 de 2019). *Ecuador, principal exportador de citricos*. Obtenido de Ecuador, principal exportador de citricos.

CONAHCYT. (27 de Agosto de 2023). *Cáscaras de mandarina sector no explotado.* Obtenido de https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2023/2023-08-17-ROrtiz-Las-cascaras-de-naranja.pdf

Cruz, E. F. (2022). Composición nutricional y declaraciones nutricionales de mandarina criolla. *SciELO*, 1-5. doi:https://dx.doi.org/10.20960/nh.03614

Diaz Maldonado, N. (11 de Mayo de 2020). *Mandarina citrus reticulata.* Obtenido de https://es.scribd.com/document/464724409/La-mandarina

Diaz, D. (2020). Mejora del comportamiento productivo de citricos. *Ecosistemas y recursos agropecuarios.*, 2007-9028.

E440. (5 de Junio de 2023). *Norvativa pectinas.* Obtenido de https://www.aditivos-alimentarios.com/2016/01/E440.html

ESPAC. (2019). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.* Obtenido de INEC: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-2019/

ESPAC. (24 de Octubre de 2024). Obtenido de https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/935

ESPAC. (11 de Julio de 2024). *Mandarina reporte.* Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Principales%20resultados-ESPAC_.pdf

ESPAC. (28 de Febrero de 2024). *Produccion mundial mandarina.* Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Principales%20resultados-ESPAC_2021.pdf

ESPOL. (20 de Julio de 2022). *Produccion de mandarina ecuador.* Obtenido de https://ceap.espol.edu.ec/es/content/cuatro-cantones-de-bol%C3%ADvar-cultivan-el-21-de-naranjas-que-consume-el-pa%C3%ADs

Ferrer, L. (2016). Uso de pectinas en el sector agroindustrial. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_MG%2FMG_2000_126_36_43.pdf

Foreign Agricultural Service. (2016). Producción de mandarina. USDA. Obtenido de https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0571120

García Montoya, C., & Penagos Gómez, C. E. (2016). El entorno Comercial de la Pectina en la Industria Alimentaria Antioqueña [Escuela de Ingeniería de Antioquia]. Obtenido de https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/1107/GarciaCamila_2011_

García, D. A. (30 de 10 de 2023). *Evaluación físico-química de la mandarina criolla (Mussa acuminata) en dos zonas de cultivo en Ecuador.* Obtenido de Evaluación físico-química de la madarina criolla (Mussa acuminata) en dos zonas de cultivo en Ecuador.: https://www.redalyc.org/journal/1699/169977902003/html/

Gonzabay, R. (2024). Cultivo de la mandarina criolla en el Ecuador. *Contexto histórico sobre la producción y exportación de banano.*, 30.

Guerrero, J. (14 de Junio de 2020). *Morfologia.* Obtenido de https://mexico.infoagro.com/origen-taxonomia-y-morfologia/

Guzman Alejandra, M. (25 de Julio de 2024). *Beneficios propicios de la cascara de mandarina*. Obtenido de https://www.prensalibre.com/vida/salud-y-familia/cascara-de-naranja-cuales-son-sus-propiedades-y-beneficios/

Harris, H. (09 de 09 de 2023). *Producción citricos* Obtenido de Producción citricos en fases: evaluación de su impacto tras 25 años de aplicación: https://www.3tres3.com/latam/articulos/produccion-porcina-en-fases-evaluacion-de-su-impacto-tras-25-anos_15998/

Heras, L. L., & Salamea, A. L. (2019). Extracción de pectina. *Universidad de Cuenca*, 47. Obtenido de https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/5366f91d-9406-493a-94f4-adad152fb787/content

Hodan, G. (25 de Agosto de 2020). *Taxonomia de la mandarina citrus sinensis.* Obtenido de https://horticulturaefectiva.blogspot.com/2013/08/naranja-taxonomia-morfologia.html

Ibanez Sabater, J. (18 de Mayo de 2023). *Valencia Late.* Obtenido de https://www.mandarinatradicionaldegandia.com/valencia-late

Infobae. (16 de Agosto de 2018). *Composision quimica mandarina.* Obtenido de https://www.infobae.com/mexico/2024/10/28/cuales-son-las-funciones-secretas-de-la-cascara-de-mandarina-y-como-ayuda-a-la-salud/

Ivonne, C. (Junio de 2015). Evaluación del proceso integral para la obtención de pectina a partir de cáscara de mandarina. Scielo. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-91652011000100004

Jimenez et. (23 de Mayo de 2018). *UNE-EN-ISO 15104.* Obtenido de pectinas https://ise.uc3m.es/biolab/analisis-elemental-chn/

Jimenez, G. (8 de Agosto de 2020). *Valor nutricional de la mandarina.* Obtenido de https://5aldia.cl/frutas-y-vegetales/naranja/

Jimenez, L. (17 de Noviembre de 2025). *Variedad thompson.* Obtenido de https://viverochillan.cl/producto/naranjo-thompson/

Kaiser, M. (12 de Mayo de 2023). Produccion mandarinas Ecuador *SCIENCE*, 1-10. doi:https://doi.org/10.1093/jas/skad123

Lannacone. (2020). *Mapa de ubicacion de la provincia de Bolivar*. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Mapa-politico-administrativo-de-la-provincia-Bolivar-Ecuador_fig1_318288592

Legua Maldonado et al, M. (13 de Diciembre de 2022). *Extraccion de pectina por hidrolisis acida.* Obtenido de https://repositorio.unica.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e509caf5-a3c5-4a7c-a1b4-d7d3ceceb463/content

Macao, D. A. (2024). *Obtencion industrializada pectina* https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/14777/1/20294.pdf

Maldonado Ullo, M. (10 de Junio de 2020). *Endoformico.* Obtenido de http://www.abcagro.com/citricos/naranja.asp

Maps, G. (2025). *UEB, Laguacoto*. Obtenido de https://www.google.com/maps/place/UEB+Laguacoto/@-1.610748,-78.9978609,732m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x91d317ca053afcab:0x70e530179625c480!8m2!3d-1.6114109!4d-78.9973416!16s%2Fg%2F11gg9726ss?authuser=0&entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDYzMC4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D

Martinez, M. (13 de Febrero de 2023). *Valencia tardia* . Obtenido de https://camposdelabuelo.com/blogs/novedades/por-que-la-naranja-valenciana-es-la-mejor-del-mundo

MDCE. (17 de Diciembre de 2019). *Informe sector citrico en el ecuador.* obtenido de informe sector bananero en el ecuador: https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Informe-sector-bananero-espa%C3%B1ol-04dic17.pdf.

MDPI. (27 de Enero de 2023). *Valorización de Residuos citricos.* Obtenido de https://www.mdpi.com/2304-8158/12/3/556

Medina Moreno, J. (5 de Marzo de 2022). *Provincia citricola.* Obtenido de https://repositorio.ute.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e5f6e4e3-4c72-4ed1-b0b2-c1786b5e9346/content

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (7 de Mayo de 2020). *Cuatro cantones de Bolívar cultivan el 21% de mandarinas que consume el país.* Obtenido de https://www.accionecologica.org/queremos-mandarinas-no-cobre/#:~:text=En%20zonas%20subtropicales%20de%20la,consumi%C3%B3%20el%20pa%C3%ADs%20en%202022.

Miranda Llasprilla, D. (7 de Junio de 2024). *Mandarina caracterizacion.* Obtenido de https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86775

Missouri, J. (15 de Mayo de 2020). *Variedad Washington.* Obtenido de https://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?taxonid=244331&isprofile=0&

Moncayo, P. (29 de 11 de 2019). *Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de mandarina orgánico (Musa acuminata) en el Ecuador*. Obtenido de Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de mandarina orgánico (Musa acuminata) en el Ecuador: https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n4.545

Muñoz Acevedo, A. (22 de Agosto de 2016). *Caracterizacion mandarida fruto.* Obtenido de https://agris.fao.org/search/en/providers/124649/records/669e6f8700eb85b7d72b1c6e

Naranjas, M. (12 de Marzo de 2017). *Valencia comun.* Obtenido de https://naranjasmarisa.com/historia-de-la-naranja-de-valencia/

Ortiz, R. (2019). Avances recientes en genética, mejoramiento y biotecnología de Musa. *ResearchGate.*, 50.

Paredes Alcivar, M. (12 de Junio de 2015). *Mandarina citrus reticulata.* Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9918/1/UPS-GT000932.pdf

Pineda, J. E. (2016). Proceso para producir Pectinas Cítricas. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/revista,+Gestor_a+de+la+revista,+918-2805-1-CE.pdf

Prada, N. P. (11 de 09 de 2023). *Biorrefinería a partir de los residuos agroindustriales de citricos: Un acercamiento a la economía circular en el departamento de Santander*. Obtenido de Biorrefinería a partir de los residuos agroindustriales de citricos: Un acercamiento a la economía circular en el departamento de Santander: https://doi.org/10.26507/paper.2920

Rincon Padilla, A. (14 de Noviembre de 2018). *Composicion fisica y quimica cascara de mandarina* . Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222005000300013

Robinson, J. (2018). Plátanos y bananas. *Mundi-Prensa* , 36.

Rodriguez, R. D. (2020). *Recuperación de pectina a partir de residuos de fruta mediante*. Obtenido de https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/8246b475-8622-4cab-b51b-33abb3b8db1c/content

Romero Bayona, A. (28 de Septiembre de 2022). *Grado de madurez.* Obtenido de https://agris.fao.org/search/en/providers/124649/records/669e6f8400eb85b7d72b1c2d

Ruiz , P. (2023). *Manejo de la mandarina orgánico.* Quito: ESPOL.

Segura, R. (2024). *Estado actual del mejoramiento genético en el cultivo de mandarina*. Obtenido de Estado actual del mejoramiento genético en el cultivo del mandarinas: https://acorbat.com.ec/wp-content/uploads/2024/04/Acorbat-RTC-Vol.-1-Num.-1-2024-2.pdf

Solórzano, G. M. (25 de 02 de 2021). *Bananos (Musa AAA): Importancia, producción y comercio*. Obtenido de Bananos (Musa AAA): Importancia, producción y comercio: https://doi.org/10.15517/am.v32i3.43610

Suarez Ojeda, C. (0 de Enero de 2023). *Caracterizacion mandarina.* Obtenido de https://aypate.revista.unf.edu.pe/index.php/aypate/article/view/56

UTEQ. (12 de Julio de 2022). *Diagnóstico de la producción, comercialización y rentabilidad de la mandarinas.* Obtenido de https://repositorio.uteq.edu.ec/items/50272c27-c4c0-400a-83d2-132053b30670

Valencia Fruits. (10 de Abril de 2025). *Incremento de la producción mundial de cítricos (mandarina).* Obtenido de https://valenciafruits.com/incremento-de-la-produccion-mundial-de-citricos/

Vera Obando, A. (8 de Mayo de 2024). *Cultivo de mandarinas (Citrus reticulata), Ecuador.* Obtenido de https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/6805/1/Vera%20Obando%20Iv%C3%A1n%20Andr%C3%A9s.pdf

Vernell, L. (2023). Agri-silvicultura en América Latina. *Unasylva*, 31.

Villacrés, J. (2018). Evaluation of balanced diets in fattening pigs in the commune Bellavista del Cerro, Julio Moreno, Santa Elena province. *Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU).*, 50.

Viverscitrus SL, C. (12 de Agosto de 2019). *Variedad valencia delta.* Obtenido de https://www.vivercitrus.com/productos/valencia-delta-seedless/#:~:text=%C3%81rbol%20vigoroso%2C%20sin%20espinas.,superior%20al%20de%20Valencia%20Late.

Zambrano Cantos, R. (2021). *Ecuador y su empuje mercadeo de mandarinas.* Obtenido de https://core.ac.uk/download/157800119.pdf

Zavaleta Cotos, J. (17 de Julio de 2015). *Proveniencia citrus reticulata.* Obtenido de https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/24d63b29-d848-44fa-a18c-b4a72d41e265/content

Zuvamesa. (11 de Agosto de 2024). *Mandarina.* Obtenido de https://www.zuvamesa.com/es/pulpa-mandarina/

ANEXOS

Anexo 1

Mapa de ubicación del Laboratorio de Investigación y Vinculación de la UEB



Anexo 2

Mapa de ubicación del Laboratorio general de la UEB



Anexo 3

Informe análisis elemental y caracterización de la cáscara de mandarina criolla

UEB UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR | DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Código	FPG12-01
		Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2025
		Pagina	Página 1 de 2

INFORME DE ENSAYOS Nº 267-2025

Descripción de la muestra	
Solicitantes	Karla Jaqueline Vásquez Guano
Muestra	Cáscara de mandarina *(Citrus reticulata)*
Código asignado UEB	INV 811
Estado de la muestra	Sólido
Envase de recepción	Bolsa de plástico con aprox. 200 g de contenido de muestra
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas –Volátiles – Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H - pH – Diámetro polar - Diámetro ecuatorial
Fecha de recepción	18 de agosto de 2025
Fecha de análisis	18 de agosto al 25 de septiembre de 2025
Fecha de informe	02 de octubre de 2025
Técnico asignado	ECCR - MIPV

RESULTADOS OBTENIDOS

Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado Base Seca	Resultado Base Fresca
INV 811 R1	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	74,39	71,89
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	0,16	0,61
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	98,36	31,74
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	0,81*	0,21
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	42,38*	11,03
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	—	5,91
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0,08
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	52,95
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	1,87
	pH		Potenciométrico	—	5,62
	Diámetro polar	mm	Medición mediante escala vernier	—	46,64
	Diámetro ecuatorial	mm	Medición mediante escala vernier	—	59,40
	Solidos solubles	ºBrix	Refractométrico	—	24,3
	Peso	g	Pesaje	—	87,41
INV 811 R2	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	73,56	71,74
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	0,16	0,64
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	98,74	32,28
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	0,85*	0,22
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	46,15*	12,01
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948		6,71
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0,03

	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	53,77
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	1,79
	pH		Potenciométrico	5,61	—
	Diámetro polar	mm	Medición mediante escala vernier	46,80	—
	Diámetro ecuatorial	mm	Medición mediante escala vernier	58,96	—
	Solidos solubles	ºBrix	Refractométrico	24,3	—
	Peso	g	Pesaje	86,66	—
INV 811 R3	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	73,97	71,59
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	0,16	0,59
	Volátiles	%	UNE-EN-ISO 18123	97,10	31,14
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	0,85*	0,22
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	46,03*	11,98
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	—	6,81
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	—	0,00
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	—	55,17
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	—	1,76
	pH		Potenciométrico	5,61	—
	Diámetro polar	mm	Medición mediante escala vernier	45,97	—
	Diámetro ecuatorial	mm	Medición mediante escala vernier	59,19	—
	Solidos solubles	ºBrix	Refractométrico	24,3	—
	Peso	g	Pesaje	85,38	—

Los resultados de los análisis corresponden a 3 determinaciones por muestra.
*Cálculo de la base seca con la humedad de 73.97

Firmado electrónicamente por: MANUELA ISABEL PAREDES VILLENA. Validar únicamente con FirmaEC

Blga. Isabel Paredes Villena
Técnica Docente DIVIUEB
ELABORADO

Firmado electrónicamente por: ERIKA CAROLINA CORTES ROJAS. Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Erika Cortés Rojas MSc.
Técnica de Laboratorio DIVIUEB
ELABORADO

Firmado electrónicamente por: ISIDRO FAVIAN BAYAS MOREJON. Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
REVISADO

Anexo 4

Informe de análisis elemental y proximal de la pectina

UEB UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR | DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Código	FPG12-01
		Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2025
		Pagina	Página 1 de 2

INFORME DE ENSAYOS Nº 437-2025

Descripción de la muestra	
Solicitantes	Karla Jaqueline Vásquez Guano
Muestra	Pectina: pH 1,5 temperatura 90°C 60 min (a1b2c2)
Código asignado UEB	INV 921
Estado de la muestra	Sólido
Envase de recepción	Bolsa de plástico con aprox. 150 g de contenido de muestra
Análisis requerido(s)	Humedad - Cenizas – Nitrógeno – Carbono – Hidrogeno – Azufre - C/N - C/H
Fecha de recepción	18 de agosto de 2025
Fecha de análisis	18 de agosto al 25 de septiembre de 2025
Fecha de informe	02 de octubre de 2025
Técnico asignado	ECCR - MIPV

RESULTADOS OBTENIDOS

Matriz de ensayo	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
INV 921 R1	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	12,34
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	1,56
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	0,52
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	40,34
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	5,31
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	0,00
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	77,49
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	7,60
INV 921 R2	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	12,17
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	1,59
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	0,51
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	39,15
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	5,20
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	0,00
	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	77,04
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	7,53
INV 921 R3	Humedad	%	UNE-EN-ISO 18134-3	12,29
	Cenizas	%	UNE-EN-ISO 18122	1,58
	Nitrógeno	%	UNE-EN-ISO 16948	0,50
	Carbono	%	UNE-EN-ISO 16948	39,22
	Hidrogeno	%	UNE-EN-ISO 16948	5,19
	Azufre	%	UNE-EN-ISO 16948	0,00

	C/N	%	UNE-EN-ISO 16948	79,21
	C/H	%	UNE-EN-ISO 16948	7,56

Firmado electrónicamente por: MANUELA ISABEL PAREDES VILLENA
Validar únicamente con FirmaEC

Blga. Isabel Paredes Villena
Técnica Docente DIVIUEB
ELABORADO

Firmado electrónicamente por: ERIKA CAROLINA CORTES ROJAS
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Erika Cortés Rojas MSc.
Técnica de Laboratorio DIVIUEB
ELABORADO

Firmado electrónicamente por: ISIDRO FAVIAN BAYAS MOREJON
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
REVISADO

Anexo 5

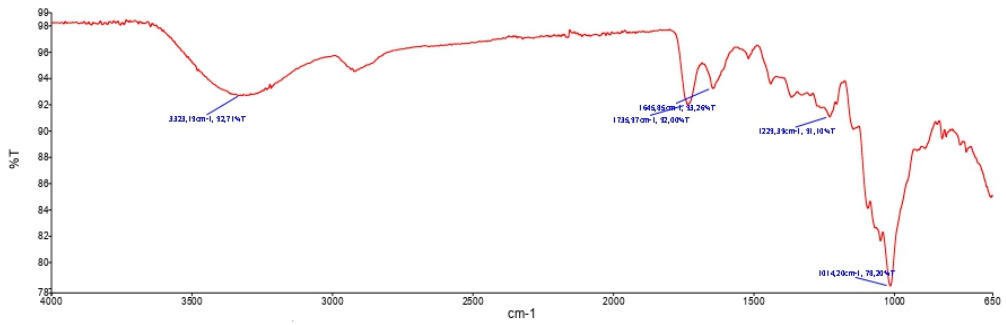
Informe de análisis de espectroscopia infrarroja por transformada de fourier (FT-IR) en pectina extraida

UEB UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR | DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Código	FPG12-01
		Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2025
		Pagina	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS Nº439-2025

Descripción de la muestra	
Solicitantes	Karla Jaqueline Vásquez Guano
Muestra	Pectina: pH 1,5 temperatura 90°C 60 min (a1b2c2)
Código asignado UEB	INV 921
Estado de la muestra	Sólido
Envase de recepción	Bolsa de plástico con aprox. 150 g de contenido de muestra
Análisis requerido(s)	Análisis de Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR)
Fecha de recepción	01 de octubre de 2025
Fecha de análisis	03 de octubre de 2025
Fecha de informe	12 de noviembre de 2025
Técnico asignado	ECCR

RESULTADOS OBTENIDOS



Número pico	X (cm-1)	Y (%T)	NUMERO DE ONDA (cm-1)	GRUPO FUNCIONAL
1	3323,19	92,71	3550-3200	Alcoholes y fenoles
2	1735,97	92	1740-1720	Aldehídos
3	1645,85	93,26	1690-1630	Amidas
4	1229,39	91,1	1320-1210	Ácidos carboxílicos y derivados
5	1014,2	78,2	1260-1000	Éteres y esteres

Firmado electrónicamente por: ERIKA CAROLINA CORTES ROJAS. Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Erika Cortés Rojas MSc.
T1écnica de Laboratorio DIVIUEB
ELABORADO

Firmado electrónicamente por: ISIDRO FAVIAN BAYAS MOREJON. Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
REVISADO

Anexo 6

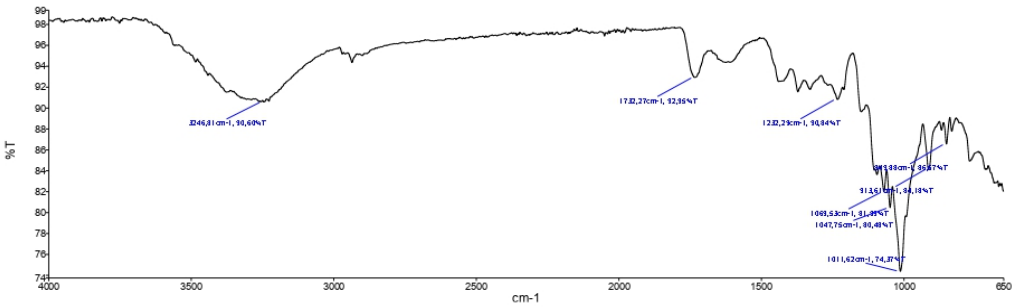
Informe de análisis de espectroscopia infrarroja por transformada de fourier (FT-IR) en pectina comercial

UEB UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR | DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Código	FPG12-01
		Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2025
		Pagina	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS Nº438-2025

Descripción de la muestra	
Solicitantes	Karla Jaqueline Vásquez Guano
Muestra	Pectina comercial
Código asignado UEB	INV 1418
Estado de la muestra	Sólido
Envase de recepción	Bolsa de plástico con aprox. 150 g de contenido de muestra
Análisis requerido(s)	Análisis de Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR)
Fecha de recepción	01 de octubre de 2025
Fecha de análisis	03 de octubre de 2025
Fecha de informe	12 de noviembre de 2025
Técnico asignado	ECCR

RESULTADOS OBTENIDOS



Número pico	X (cm-1)	Y (%T)	NUMERO DE ONDA (cm-1)	GRUPO FUNCIONAL
1	3246,81	90,6	3550 –3200	Alcoholes y fenoles
2	1732,27	92,95	1740-1720	Aldehídos
3	1232,29	90,84	1260-1000	Éteres
4	1069,53	81,99	1200-1025	Aminas
5	1047,75	80,48	1090-810	Fosfinas
6	1011,62	74,37	1300-1000	Ácidos carboxílicos y derivados
7	913,61	84,18	990-910	Alquenos
8	849,88	86,57	850-800	Aromáticos

Firmado electrónicamente por: ERIKA CAROLINA CORTES ROJAS. Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Erika Cortés Rojas MSc.
T1écnica de Laboratorio DIVIUEB
ELABORADO

Firmado electrónicamente por: ISIDRO FAVIAN BAYAS MOREJON. Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Favian Bayas Morejón PhD.
Director DIVIUEB
REVISADO

Anexo 7

Informe de análisis parámetros requeridos

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y FITOQUÍMICA Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2025
		Pagina	Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYOS Nº619

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Solicitante	Karla Jaqueline Vásquez Guano
Muestra	Pectina: pH 1,5 temperatura 90°C 60 min (a1b2c2)
Código asignado UEB	INV1649
Estado de las muestras	Sólido
Envase de recepción	Bolsas de plástico con aprox. 100 g de contenido de muestra
Análisis requerido(s)	Contenido de metoxilo, ácido galacturónico, grado de esterificación, fuerza de gelificación, pH óptimo de gelificación, sólidos solubles.
Fecha de recepción	20 de octubre del 2025
Fecha de análisis	21 al 24 de octubre del 2025
Fecha de informe	27 de noviembre del 2025
Técnico (s) asignado	MPWF

RESULTADOS OBTENIDOS

Código laboratorio	Muestra	Parámetro	Unidad	Método	Resultado
INV1649	Pectina: pH 1,5 temperatura 90°C 60 min (a1b2c2)	Contenido de metoxilo	%	NTE INEN 0427	8,00
		Grado de esterificación	%	NTE INEN 1334-3	62,83
		Ácido galacturónico	%	NTE INEN-419 1988	79,73
		Fuerza gelificante	°SAG	NTE INEN 1521:2005	500
		pH óptimo de gelificación	%	NTE INEN 2825	3,50
		Sólidos solubles	%	AOAC 932.12	4,20

Los análisis realizados fueron con tres réplicas

Firmado electrónicamente por: ISIDRO FAVIAN BAYAS MOREJON
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Favián Bayas, PhD.
Director DIVIUEB

Anexo 8

Análisis físico y químico de la materia prima



Determinación de diámetros de la mandarina



Peso de mandarina



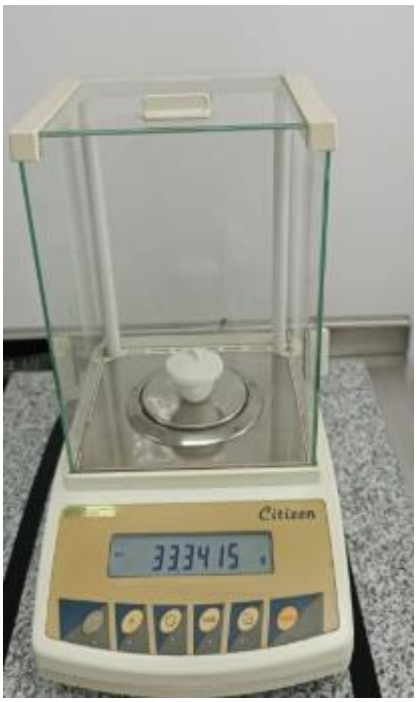
Determinación pH de cáscara de mandarina



Determinación de grados brix



Determinación de humedad



Peso crisoles para análisis proximal



Preparación de muestras para cenizas



Ingreso de muestras a la mufla para cenizas



Determinación de cenizas y volátiles



Mufla de trabajo

Anexo 9

Extracción de pectina por hidrólisis ácida



Recepción de materia prima



Troceado y pesado de cáscaras



Inactivación enzimática



Choque térmico



Cocción y control de temperatura



Adición ácido clorhídrico



Ajuste de pH para la extracción



Cocción



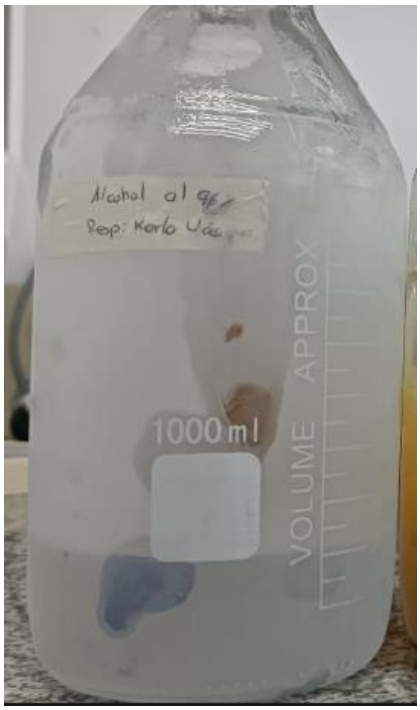
Enfriado



Filtrado de la pectina



Pectina filtrada



Alcohol al 96 % frio



Precipitado con alcohol



Pectina + Alcohol



Agitado y rotulado



Presencia de pectina flotante



Segundo filtrado (separación alcohol y pectina)



Extendido de pectina



Ingreso pectina a estufa



Salida pectina deshidratada



Pesado de pectina seca



Pesada pectina triturada



Molido de pectina y almacenado

Anexo 10

Elaboración mermelada de mora



Recepción de materia prima



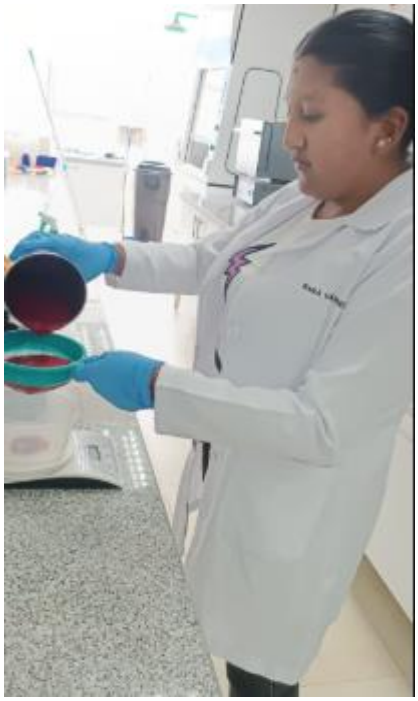
Separación de impurezas



Desinfección de la materia prima



Triturado de la materia prima



Obtención pulpa de mora



Pesado de pulpa



Pesaje de azúcar



Pesaje pectina



Pesaje ácido ascórbico



Pesaje sorbato de potasio



Esterilización de envases



Cocción pulpa de mora



Adición de aditivos



Análisis punto de gelificación



Prueba de la gota mermelada



Envasado de la mermelada



Etiquetado mermelada de mora

Anexo 11

Glosario de términos técnicos

Pectina: Es un grupo de sustancias derivadas de células vegetales que forman geles en presencia de agua y azúcar. Se utiliza comúnmente en la elaboración de mermeladas, jaleas y conservas debido a su capacidad para crear una red fibrosa que soporta líquidos.

Hidrolisis ácida: Es una reacción química en la que moléculas de agua (H2O) se dividen en sus átomos componentes (hidrógeno y oxígeno). A su vez, en el proceso de hidrólisis, los átomos que componen las moléculas de agua pasan a formar enlaces químicos con la sustancia que reacciona con el agua.

Gelificante: Son aditivos que se usan en la industria alimentaria para emulsionar, lograr texturas de gel, con estructura compacta, textura semisólida, con mayor viscosidad y textura dispersa.

Análisis elemental: Es una técnica analítica aplicada en química para determinar la composición elemental de compuestos químicos y sus componentes. Mediante este método, se puede determinar qué elementos están presentes y en qué porcentaje en masa contiene cada elemento químico en la sustancia analizada para establecer su fórmula empírica.

Análisis proximal: Es un método de análisis bromatológico –ciencia que estudia los alimentos y cómo se componen, y se encarga de determinar los valores de los macronutrientes en los alimentos. A través de una combinación de diversos métodos y técnicas, se determinan cantidades de grasa, proteína, carbohidratos, humedad, residuos inorgánicos, entre otros.

Metoxilo: Es un grupo funcional de fórmula $–O–CH_3$, formado por un átomo de oxígeno unido a un grupo metilo. En la pectina, el metoxilo se encuentra unido a los grupos carboxilo del ácido galacturónico, formando ésteres metílicos.

Análisis espectroscopía infrarroja de transformada de Fourier (FT-IR): Se basa en la interacción de la radiación infrarroja con las moléculas de una muestra, lo que proporciona información sobre su estructura molecular y composición química.

Ácido galacturónico: Es un monosacárido correspondiente a la forma oxidada de la D-galactosa. Es el principal componente de las pectinas, si bien también existe el ácido poligalacturónico.

Grado de esterificación: Es la medida de la proporción de grupos carboxilo que han reaccionado con un alcohol para formar un éster en una molécula, como la pectina. Este grado es crucial para determinar las propiedades funcionales de un compuesto, como la capacidad de gelificación de la pectina.