



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL

**OBTENCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA CÁSCARA
DE PEPINO (*Cucumis sativus*) MEDIANTE HIDRÓLISIS
ÁCIDA COMO APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS
HORTÍCOLAS**
TRABAJO EXPERIMENTAL

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL

AUTOR
FRANCO CARVACHE IVONNE MAOLY

TUTOR
ING. CAMPUZANO VERA ANA MARÍA

GUAYAQUIL – ECUADOR

2022



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, CAMPUZANO VERA ANA MARÍA, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: OBTENCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE PEPINO (*Cucumis sativus*) MEDIANTE HIDRÓLISIS ÁCIDA COMO APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS HORTÍCOLAS, realizado por la estudiante FRANCO CARVACHE IVONNE MAOLY; con cédula de identidad N° 0803466887 de la carrera INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Ana Campuzano Vera, M.Sc.

Guayaquil, 09 de marzo del 2022



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “OBTENCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE PEPINO (*Cucumis sativus*) MEDIANTE HIDRÓLISIS ÁCIDA COMO APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS HORTÍCOLAS”, realizado por la estudiante FRANCO CARVACHE IVONNE MAOLY, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Dra. Emma Jácome Murillo, M.Sc.
PRESIDENTE

Ing. Ana Campuzano Vera, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Luis Zúñiga Moreno, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Ahmed El Salous, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 09 de marzo del 2022

Dedicatoria

El presente trabajo va dedicado a mis padres y hermanos, quienes fueron mi pilar durante todo el proceso de mi carrera profesional, por el apoyo incondicional y por haberme dado fuerzas en cada obstáculo presente para lograr mis objetivos y no dejarme desmayar, por ser mis ganas y ese motivo principal de seguir adelante.

A mis familiares que hoy no pueden compartir conmigo esta meta lograda, pero que desde el cielo me observan, por ser quienes siempre me brindaron su apoyo y estuvieron pendientes del trayecto de mi carrera.

Agradecimiento

Agradezco a Dios, por haberme dado sabiduría e iluminar cada decisión para lograr un objetivo importante en mi vida.

A mi familia, por haber sido el apoyo durante todo este tiempo de estudio, por haber hecho lo necesario e inalcanzable para poder llegar a donde estoy, especialmente a mi madre quien ha sido el principal motor de este éxito, gracias por todo su sacrificio.

A todos los docentes que estuvieron conmigo durante toda esta etapa, gracias por sus enseñanzas y tolerancia, especialmente a mi tutora, la Ing. Ana Campuzano, gracias por la paciencia y por su tiempo dedicado al presente trabajo.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo, FRANCO CARVACHE IVONNE MAOLY, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre "OBTENCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE PEPINO (*Cucumis sativus*) MEDIANTE HIDRÓLISIS ÁCIDA COMO APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS HORTÍCOLAS" para optar el título de INGENIERA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL , por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 09 de marzo del 2022

FRANCO CARVACHE IVONNE MAOLY
C.I. 0803466887

Índice general

PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice general	7
Índice de tablas	11
Índice de figuras.....	12
Resumen	14
Abstract.....	15
1. Introducción.....	16
1.1 Antecedentes del problema.....	16
1.2 Planteamiento y formulación del problema.....	17
1.2.1 Planteamiento del problema.....	17
1.2.2 Formulación del problema.....	18
1.3 Justificación de la investigación	18
1.4 Delimitación de la investigación.....	19
1.5 Objetivo general	19
1.6 Objetivos específicos	19
1.7 Hipótesis	20
2. Marco teórico.....	21
2.1 Estado del arte.....	21
2.2 Bases teóricas	26

2.2.1 Generalidades del pepino	26
2.2.1.1. <i>Origen</i>	26
2.2.1.2. <i>Definición y características</i>	26
2.2.1.3. <i>Usos</i>	27
2.2.1.4. <i>Producción de pepino en Ecuador</i>	27
2.2.2 Generalidades de la cáscara del pepino	28
2.2.2.1. <i>Composición nutricional y beneficios</i>	28
2.2.2.2. <i>Aprovechamiento y usos</i>	29
2.2.3 Pectina	30
2.2.3.1. <i>Origen</i>	30
2.2.3.2. <i>Definición</i>	30
2.2.3.3. <i>Estructura</i>	30
2.2.3.4. <i>Localización</i>	31
2.2.3.5. <i>Clasificación</i>	31
2.2.3.6. <i>Propiedades</i>	32
2.2.3.7. <i>Características fisicoquímicas</i>	33
2.2.3.8. <i>Aplicaciones</i>	35
2.2.4 Métodos de extracción de pectina	36
2.2.4.1. <i>Efecto de la temperatura, pH y tiempo en la extracción de pectina</i>	37
2.3 Marco legal.....	37
2.3.1 Norma general para los aditivos alimentarios CODEX STAN 192-1995	37
2.3.2 Norma INEN 192-2013.....	38

2.3.3 Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria del Ecuador	38
2.3.4 Especificaciones oficiales de pureza para pectinas comerciales.	39
3. Materiales y métodos	40
3.1 Enfoque de la investigación	40
3.1.1 Tipo de investigación	40
3.1.2 Diseño de investigación.....	40
3.2 Metodología	41
3.2.1 Variables	41
3.2.1.1. Variables independientes	41
3.2.1.2. Variable dependiente.....	41
3.2.2 Tratamientos	41
3.2.3 Diseño experimental.....	42
3.2.4 Recolección de datos	42
3.2.4.1. Recursos	42
3.2.4.2. Métodos y técnicas.....	44
3.2.4.2.1. Diagrama de flujo del proceso de obtención de pectina a partir de cáscaras de pepino.....	45
3.2.4.2.2. Rendimiento de pectina	47
3.2.4.2.3. Descripción de los métodos de análisis fisicoquímicos	47
3.2.5 Análisis estadístico	49
4. Resultados	50
4.1 Obtención del rendimiento de pectina de la cáscara de pepino mediante hidrólisis ácida en los diferentes intervalos de pH y temperatura en un tiempo constante.	50

4.2 Caracterización de la pectina obtenida del tratamiento con mayor rendimiento determinando el contenido de humedad, cenizas y grado de esterificación.	53
4.3 Comparación de la pectina extraída de las cáscaras de pepino con mayor rendimiento frente a una pectina comercial.	54
5. Discusión	56
6. Conclusiones	59
7. Recomendaciones.....	60
8. Bibliografía.....	61
9. Anexos	68
9.1 Anexo 1. Resultados del Análisis de Varianza con la prueba Duncan para los tratamientos.....	68
9.2 Anexo 2. Proceso de obtención de pectina de la cáscara de pepino.	68
9.3 Anexo 3. Resultados de valoración del grado de esterificación de pectina de la cáscara de pepino (Tratamiento 2) y pectina comercial por duplicado.....	74
9.4 Anexo 4. Resultados obtenidos de los análisis de humedad y cenizas de pectina de la cáscara de pepino (<i>Cucumis sativus</i>) (Tratamiento 2) por parte del laboratorio.	76
9.5 Anexo 5. Resultados obtenidos de los análisis de humedad y cenizas de la pectina comercial por parte del laboratorio.	77
9.6 Anexo 6. Especificaciones oficiales de pureza para pectinas comerciales.....	78

Índice de tablas

Tabla 1. Comparación de resultados de rendimientos de pectina en base seca y húmeda del pepino cohombro y granadilla con pectina comercial en diferentes intervalos de pH y tiempo.....	22
Tabla 2. Valores medios y desviación estándar del contenido de pectina total (mg de AGU/100g de fruta fresca)	23
Tabla 3. Comparación de la pectina extraída del bagazo de sábila con otras reportadas	25
Tabla 4. Especificaciones oficiales de pureza para pectinas comerciales.....	39
Tabla 5. Tratamientos (combinaciones factoriales) a evaluarse en el proceso de producción de pectina	42
Tabla 6. Esquema de análisis de varianza.....	49
Tabla 7. Rendimiento de pectina para cada tratamiento.....	50
Tabla 8. Cuadro de Análisis de la Varianza (ANOVA)	51
Tabla 9. Análisis estadístico del rendimiento de pectina.....	52
Tabla 10. Análisis fisicoquímicos	54
Tabla 11. Comparación de los análisis fisicoquímicos de la pectina de la cáscara de pepino frente a una pectina comercial	55

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso	45
Figura 2. Rendimiento de pectina / 100 g de muestra (pectina de cáscara de pepino)	52
Figura 3. Análisis estadístico del rendimiento de pectina en el programa Infostat ..	68
Figura 4. Acondicionamiento de cáscaras de pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	68
Figura 5. Inactivación enzimática de las cáscaras de pepino	69
Figura 6. Preparación en relación 1:2 cáscaras de pepino / agua destilada.....	69
Figura 7. Adición de HCl para ajuste de pH de cada tratamiento	70
Figura 8. Medición de pH para cada uno de los tratamientos.....	70
Figura 9. Control de temperatura del medio de extracción	71
Figura 10. Extracción de pectina a diferentes pH y temperaturas durante 80 minutos	71
Figura 11. Filtración del medio de extracción.....	72
Figura 12. Precipitación de la pectina con etanol al 96% durante 1 hora	72
Figura 13. Centrifugación y separación de pectina	73
Figura 14. Pectina húmeda de la cáscara de pepino	73
Figura 15. Pectina seca de la cáscara de pepino	74
Figura 16. Valoración de pectina de la cáscara de pepino para determinación del grado de esterificación	74
Figura 17. Valoración de pectina comercial para determinación del grado de esterificación	75
Figura 18. Análisis de humedad y cenizas de la pectina de la cáscara de pepino (Tratamiento 2).....	76
Figura 19. Análisis de humedad y cenizas de pectina comercial.....	77

Figura 20. Especificaciones oficiales de pureza para pectinas comerciales..... 78

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito el aprovechamiento de residuos hortícolas para la obtención de pectina de la cáscara de pepino (*Cucumis sativus*) mediante hidrólisis ácida, un aditivo importante para la industria alimentaria. Para ello se desarrollaron 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno empleando intervalos de pH entre 1.6 y 2.5 y temperaturas entre 60 °C – 80 °C por un tiempo constante de 80 minutos de extracción. Posteriormente se calculó el rendimiento para cada tratamiento, teniendo como resultado que el tratamiento 2 realizado a un pH de 1.6 y temperatura de 80 °C presentó un porcentaje de 0.29 %, siendo el mejor tratamiento mientras que el porcentaje más bajo se registró para el tratamiento 3 con un porcentaje de 0.08 % realizado a un pH de 2.5 y una temperatura de 60 °C. Para la pectina obtenida del mejor tratamiento se realizaron análisis fisicoquímicos presentando 11.44 % de humedad, 11,18 % de cenizas y un grado de esterificación de 86.91 ± 1.34 % permitiendo clasificarla como pectina de alto metoxilo. De acuerdo con las características antes mencionadas, se logró verificar que la pectina de la cáscara de pepino presentó una humedad dentro de los parámetros permitidos por la FCC, un porcentaje de cenizas levemente por encima del rango permitido. Se pudo demostrar la presencia de este aditivo en residuos hortícolas bajo la extracción del método de hidrólisis ácida y comprobar la incidencia del pH y temperatura en el resultado de pectina obtenida.

Palabras clave: aditivo, cáscaras, hidrólisis ácida, pectina, pepino.

Abstract

The purpose of this research work was to take advantage of horticultural residues to obtain pectin from cucumber peel (*Cucumis sativus*) by acid hydrolysis, an important additive for the food industry. For this, 4 treatments were developed with 4 repetitions each, using pH ranges between 1.6 and 2.5 and temperatures between 60 °C - 80 °C for a constant extraction time of 80 minutes. Subsequently, the performance for each treatment was calculated, having as a result that treatment 2 carried out at a pH of 1.6 and a temperature of 80 °C presented a percentage of 0.29 %, being the best treatment while the lowest percentage was registered for treatment 3 with a percentage of 0.08 % made at a pH of 2.5 and a temperature of 60 °C. For the pectin obtained from the best treatment, physicochemical analyzes were carried out, presenting 11.44 % humidity, 11.18 % ash and an esterification degree of 86.91 ± 1.34 % allowing it to be classified as high methoxyl pectin. According to the aforementioned characteristics, it was possible to verify that the pectin of the cucumber peel presented a humidity within the parameters allowed by the FCC, a percentage of ashes slightly above the allowed range. It was possible to demonstrate the presence of this additive in horticultural residues under the extraction of the acid hydrolysis method and to verify the incidence of pH and temperature in the obtained pectin result.

Key words: additive, peels, acid hydrolysis, pectin, cucumber.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

Quispe (2019) en su investigación denominada “Obtención de pectina a partir de cáscaras de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y zanahoria amarilla (*Daucus carota*)”, realizó la extracción de pectina empleando el método de hidrólisis ácida con cuatro repeticiones para cada variedad. Posteriormente evaluó parámetros fisicoquímicos para cada una, llegando a la conclusión que ambas pectinas pueden ser utilizadas como espesantes, se determinó a su vez que la variedad si influye en los rendimientos y en la calidad de las pectinas.

Alancay, Lobo e Iturriaga (2013) en su investigación titulada “Caracterización de pectinas obtenidas de subproductos de la industrialización del tomate y de pectinas comerciales”, evaluaron sus propiedades, clasificándolas en pectinas de bajo o alto metoxilo y determinando a su vez el rendimiento posterior al proceso de hidrólisis ácida y alcalina. La composición química del tomate indicó un contenido importante de hidratos de carbono (4,1 %), componente que permitiría aprovechar su piel y semilla para un desarrollo agroindustrial.

Según Cortés, Martelo y Rodriguez (2011), en su investigación titulada “Valoración de atributos de calidad en pepino (*Cucumis sativus L.*) fortificado con vitamina E”, realizaron una evaluación de características fisicoquímicas (humedad, pH, °Brix y acidez) y organolépticas (color y textura), además el contenido de vitamina E, luego de obtener rodajas de pepino impregnadas al vacío con variaciones de tiempo y temperatura. Este producto catalogado como mínimamente procesado funcional, debido que el pepino es uno de los vegetales con menor valor energético y un contenido bajo de fibra, vitamina C, A y tiamina.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

Ecuador no posee una actividad industrial dedicada a la producción de pectinas considerada como un aditivo, por lo tanto, la importa de países como Colombia, Argentina, México o China. Los valores que se llegan a pagar por la importación del mismo varían entre 20 a 34 dólares por kilogramo (Almeida et al., 2019).

En el país existen subproductos generados por la industria agroalimentaria, la mayoría de estos son destinados a la venta hacia otros países, donde los aprovechan para la producción de este tipo de aditivos o en muchos casos menciona Gaibor (2015), están destinados a la alimentación animal y en su mayor parte son desechados.

De acuerdo con Gaibor (2015), para fines industriales normalmente la fuente de obtención de pectinas deriva principalmente de la cáscara de frutos cítricos y pulpa de manzana, siendo utilizada como ingrediente funcional en la industria de alimentos y como fuente de fibra dietética, gracias a su capacidad para formar geles acuosos. Sin embargo, a medida que incrementa el desarrollo de nuevas tecnologías y avances científicos, aumenta la diversidad de fuentes de obtención de pectinas.

García (1985) indica el uso de los subproductos obtenidos de industrias hortícolas o frutícolas como las cáscaras de cacao, banano, zanahoria, mango, maracuyá, entre otros, con el objetivo de dar un valor agregado o aprovechar los desechos que se generan en muchas industrias.

Además, se debe tener en cuenta que generalmente las pectinas que se obtienen de cítricos o frutas son de alto contenido calórico debido a la cantidad de azúcares que contienen. Sin embargo, las pectinas que se pueden extraer de

vegetales se consideran de bajo aporte calórico que representaría una buena opción para la elaboración de alimentos adecuados para aquellas personas con sobrepeso.

1.2.2 Formulación del problema

¿Se puede obtener pectina a partir de la cáscara de pepino mediante hidrólisis ácida?

1.3 Justificación de la investigación

El presente estudio tuvo como propósito la utilización de residuos provenientes de hortalizas como la cáscara del pepino, haciendo una indagación sobre sus componentes con el fin de valorar aquel que pueda ser extraído y que ayude o sea de utilización en el ámbito alimenticio, en este caso pectina que se podría extraer de su cáscara.

La pectina obtenida de la cáscara de pepino puede ser clasificada como una pectina de bajo metoxilo, es decir, que su poder de gelificación es menor en comparación con las pectinas de alto metoxilo que generalmente se obtienen de los cítricos o manzana, pero aquella pectina obtenida de vegetales como del pepino, según Galván, Martínez, Jiménez y Concha (2016), presenta una buena sustitución del azúcar y grasa y, además es de valor calórico bajo que vendrían a representar una opción adecuada para aquellos consumidores con problemas de sobrepeso y cardiovasculares.

Además, el uso de pectinas de bajo metoxilo en la elaboración de alimentos congelados, favorece su textura, controlando el tamaño de los cristales y su distribución, ayudando a que en productos como helados se reduzca la pérdida de color y sabor (Muñoz, 2015).

Otro punto relevante para la investigación se halla en la producción agrícola con la que cuenta Ecuador, la cual tiene un espacio importante en el sector productivo, por tal motivo se busca dar también un valor agregado a los cultivos hortícolas y más aprovechamiento.

En Ecuador no se produce pectina, se importa como aditivo para la elaboración de múltiples alimentos procesados, es por ello la importancia de buscar más alternativas de fuentes de obtención de este tipo de aditivo ya que, a más de reutilizar un desecho, se podrá generar una economía más sustentable y por otro lado mejorar la calidad de vida de las personas en cuestión del procesamiento de productos alimenticios más sanos que requieren de una textura de gel como mermeladas, jaleas, helados e incluso productos de panadería en los que la pectina juega un papel importante.

1.4 Delimitación de la investigación

La presente investigación tuvo lugar en el sur de la ciudad de Guayaquil en la Universidad Agraria del Ecuador con una duración de aproximadamente 6 meses y está dirigido al público en general.

1.5 Objetivo general

Extraer pectina a partir de la cáscara de pepino mediante hidrólisis ácida como aprovechamiento de residuos hortícolas.

1.6 Objetivos específicos

- Obtener el rendimiento de pectina de la cáscara de pepino mediante hidrólisis ácida en los diferentes intervalos de pH y temperatura en un tiempo constante.
- Caracterizar la pectina obtenida del tratamiento con mayor rendimiento determinando el contenido de humedad, cenizas y grado de esterificación.

- Comparar la pectina extraída de las cáscaras de pepino con mayor rendimiento frente a una pectina comercial.

1.7 Hipótesis

La temperatura y pH de extracción a un tiempo constante de hidrólisis ácida influyen significativamente en el rendimiento de pectina.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Aponte y Benavides (2018) realizaron una evaluación de sustancias pécticas provenientes de los residuos de pepino cohombro y granadilla mediante diferentes valores de pH y tiempo de hidrólisis con el objetivo de determinar si son fuentes potenciales para la obtención de pectina para uso industrial mediante análisis fisicoquímicos. Tomaron 300 gramos de materia prima por litro y mediante el proceso de hidrólisis ácida monitorearon tiempos entre 40 y 80 minutos y diferentes pH de 1,6 y 2,5 a una temperatura constante de 60 °C para ambas materias primas, en los cuales obtuvieron el mejor rendimiento en base seca de pectina del pepino cohombro en un pH de 1,6 en un tiempo de 80 minutos con un porcentaje de $1.27 \pm 0,6$ % y un rendimiento de 0.32 ± 0.21 % en un pH de 2.5 y 40 minutos, mientras que para el mesocarpio de la granadilla el mejor rendimiento en base seca se obtuvo en pH 2,5 y 40 minutos teniendo como resultado $3,68 \pm 0,35$ %. La humedad registrada para la pectina del pepino cohombro fue de 1.21 %. El grado de esterificación para la pectina de pepino cohombro en un pH de 2.5 a 80 minutos fue de 87.37 % mientras que en un pH de 1.6 a 80 minutos de extracción presenta un grado de esterificación de 74.18 % clasificando a las pectinas extraídas de los residuos del exocarpio de pepino cohombro (*Cucumis sativus*) y del mesocarpio de granadilla (*Passiflora ligularis*), como pectinas de alto metoxilo, haciendo que estas tengan propiedades gelificantes y sean aptas para su uso en la industria alimentaria.

Tabla 1. Comparación de resultados de rendimientos de pectina en base seca y húmeda del pepino cohombro y granadilla con pectina comercial en diferentes intervalos de pH y tiempo

Material	Condiciones	Rendimiento en base húmeda	Rendimiento en base seca	Grado de esterificación
Exocarpio del pepino cohombro (<i>Cucumis sativus</i>)	pH 1,6 H 40	2,95±0,032**	0,54±0,24*	81,48±0,97*
	pH 1,6 H 80	6,98±0,72**	1,27±0,6*	74,18±1,06*
	pH 2,5 H 40	3,41±0,042*	0,32±0,21*	85,82±1,77**
	pH 2,5 H 80	2,43±0,19*	0,37±0,08*	87,37±0,37**
	pH 1,6 H 40	84,03±5,75*	5,69±0,14**	69,45±1,72*
	pH 1,6 H 80	70,81±11,24*	4,74±0,081**	71,79±1,58*
Mesocarpio granadilla (<i>Passiflora ligularis</i>)	pH 2,5 H 40	81,75±6,15*	3,68±0,35*	70,98±1,6*
	pH 2,5 H 80	77,05±2,42*	3,34±0,36*	71,52±2,58*
Pectina comercial	N. A	N. A	N. A	66,34±1,5

Para los tratamientos que presentan (*) no presentan diferencias significativas y los que presentan (**) si presentan una diferencia significativa.
Aponte y Benavides, 2018

Ávila (2019) realizó una extracción y caracterización de pectina de la cáscara de piña mediante hidrólisis ácida con ácido clorhídrico y precipitación con etanol al 95 %, empleando temperaturas entre 50 °C – 90 °C y tiempos de hidrólisis entre 40 y 120 minutos para lo cual emplearon 300 g de muestra para cada tratamiento. El tratamiento con mayor rendimiento fue el realizado a 90 °C en un tiempo de 40 minutos, donde obtuvo un rendimiento del 0.17 %. Posteriormente se caracterizó la pectina obtenida del mejor tratamiento, para ello se determinó el grado de esterificación, acidez titulable, sólidos solubles y viscosidad mostrando como resultado un grado de esterificación de 45.32 % frente a una pectina cítrica comercial con 93.94 % demostrando una diferencia significativa entre las dos

pectinas analizadas. El grado de esterificación de la pectina de piña indica que se trata de una pectina de bajo metoxilo donde menos del 50 % de grupos carboxilos se encuentran esterificados. Presentó una acidez titulable de 0.076 inferior a la pectina comercial que presentó 0.312, en cuanto a los sólidos solubles la pectina de la cáscara de piña presentó 0.366 valor inferior frente a 2.83 de la pectina cítrica comercial.

Galván et al. (2016) determinaron el contenido de pectina total en el pepino mediante la metodología desarrollada por Kitner y Van Buren; para lo cual emplearon 25 g de muestra y una extracción por triplicado. Previamente obtuvieron una fracción de sólidos insolubles en alcohol y posteriormente realizaron la extracción de pectina con ácido sulfúrico. En base a los resultados concluyeron que el mayor contenido de pectina total se lo encuentra en la piel del pepino, indicando que mucha de la fibra que puede contener este fruto es principalmente en la cáscara, pero para una interpretación más específica se requeriría realizar determinaciones de las fracciones pécticas para así establecer su uso para fines industriales gelificantes.

Los resultados de pectina total fueron expresados en mg de ácido galacturónico por 100 g de muestra en las tres partes: piel, pulpa, piel y pulpa.

Tabla 2. Valores medios y desviación estándar del contenido de pectina total (mg de AGU/100g de fruta fresca)

Porción de pepino	mg AGU/100 g de fruta fresca
Piel	541.5 (80.5)
Pulpa	168.9 (74.3)
Piel y pulpa	211.4 (63.9)

Se detalla el contenido de AGU presente en las diferentes partes del pepino holandés, demostrando la más destacada (piel).
Galván et al., 2016

Barreto, Púa, Alba y Pión (2017) realizaron una extracción y caracterización de pectina a partir de las cáscaras de mango de azúcar mediante hidrólisis ácida con HCl 0.5 N y etanol al 96 %, en el cual emplearon valores de pH (1, 2 y 3) y temperaturas (80, 90 y 100 °C) por un tiempo fijo de 60 minutos. Desarrollaron 27 unidades experimentales para lo cual emplearon 550 g de cáscaras en total de cáscaras de mango de azúcar seca y molida. Los mejores resultados los obtuvieron en condiciones de pH 1 y temperatura de 100 °C, teniendo un rendimiento de 15.257 ± 0.04 %, posteriormente caracterizaron la pectina extraída en la que se detallan resultados de humedad (4.510 ± 0.80 %), cenizas (1.351 ± 0.07 %), grado de esterificación (81.688 ± 0.24 %), contenido de ácido galacturónico (82.380 ± 0.17 %), resultados que demostraron la similitud de la pectina extraída a una pectina comercial y siendo fuente potencial de una pectina de calidad.

Hernandez, Quintero, Hernandez y Zafra (2017) establecieron como propósito el aprovechamiento de residuos sólidos para la extracción de pectina a partir del bagazo de sábila y determinación de su rendimiento comparado con otras pectinas comerciales. Para ello analizaron factores o variables de estudio como: pH, temperatura, tiempo de extracción, el tamaño de la partícula, la velocidad de agitación y el rendimiento de pectina como variable de respuesta. Los mejores resultados los obtuvieron en una temperatura de 90 °C, en un tiempo de 60 minutos y un pH de 1,5 con un rendimiento de pectina de 11,45 %. Posteriormente realizaron una comparación de la pectina extraída con las pectinas comerciales mediante el análisis de sus características físico-químicas como: grado de esterificación, grado de metilación y el contenido de ácido anhidrouónicos. En base a los resultados concluyeron que el grado de esterificación de la pectina de la sábila es alto, por lo que es soluble en agua y de rápida gelificación. En lo que respecta al grado de

metilación indica que viene a ser soluble en iones de calcio, y poco soluble en azúcares y medios ácidos; mientras que, el porcentaje de ácido anhidrouónico, es un indicador de pureza; es decir, que ésta requiere de una purificación aún mayor para cumplir con el parámetro de la pectina comercial.

Tabla 3. Comparación de la pectina extraída del bagazo de sábila con otras reportadas

Parámetros (%)	Sábila	2	3	4	5	6	7	8	9
Rendimiento	11,45	5,40	25	23,85	21,60	11,11	1,24	49,7	-
Grado de esterificación	61,53	-	-	86,24	88,79	69,75	90,2	72,43	81,5
Contenido de mtoxilo	14,88	74	11,59	14,55	14,40	8,62	4,82	1,80	Min 6,70
Contenido de ácido anhidrouónico	68,64	55	76,30	87,93	85,99	70,43	48,46	37,11	Min 65

Pectina extraída del 2-bagazo de melocotón, 3-manzana, 4-pulpa de nízpero, 5-mesocarpio de granadilla, 6-cáscara de parchita, 7-cásacara de mango y de 8-naranja y 9-pectina comercial.

Hernández et al., 2017

En los análisis fisicoquímicos la pectina del bagazo de sábila presentó una humedad de 5.93 % y cenizas de 4.92 % permitiendo que esté dentro de los límites permitidos.

Cabarcas, Guerra y Henao (2012) realizaron la extracción y caracterización de pectina a partir de la cáscara de plátano verde (*Hartón Musa AABsimmonds*) en la que emplearon el método de hidrólisis ácida con ácido clorhídrico a diferentes pH (1.5 y 3.0) a temperaturas entre 60 y 80 °C por un tiempo de 60 minutos. Para ello establecieron 4 tratamientos con 3 repeticiones cada uno representada por 50 g, para lo cual calcularon el rendimiento de pectina y para evaluar la calidad de la

misma realizaron análisis de humedad, cenizas, metoxilo, acidez libre, peso equivalente y el grado de esterificación por medio de espectroscopia de infrarrojo. Los mejores resultados de rendimiento lo obtuvieron en un pH de 1.5 a 80 °C con un porcentaje en base seca de 23.06 % p/p, pero en base a calidad la mejor pectina fue aquella extraída en condiciones de pH 3.0 y temperatura de 60 °C según los valores de humedad (1 % al 2 %) y cenizas (0.9 %) pero que presentó el rendimiento más bajo. Los resultados de espectrometría de infrarrojo para la pectina en condiciones óptimas de equilibrio entre calidad y rendimiento confirmaron que es de gelificación rápida mientras que los resultados correspondientes al grado de esterificación varían entre 76,54 % a 95.50 % considerándose como pectinas de alto metoxilo.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Generalidades del pepino

2.2.1.1. Origen

Se considera a Asia y particularmente a la India como las regiones originarias del pepino. En la India se ha demostrado el desarrollo de su cultivo principalmente a las orillas del Mar Mediterráneo. Actualmente el pepino es una de las hortalizas mayormente cultivadas en Europa y en América del Norte, encontrándose en la cuarta posición a nivel mundial, siendo superada por el tomate, col y calabaza (Quintana, 2016).

2.2.1.2. Definición y características

El pepino (*Cucumis sativus*) es una hortaliza anual que pertenece a la familia de las *Cucurbitáceae*; consideradas plantas rastreras, de tallos largos, verdes y zarcillos en espiral. Esta hortaliza presenta forma alargada y de color verde en el

exterior, su pulpa es de color blanquicina con una gran cantidad de semillas ovoides en todo su interior (Morales, 2012).

Según D'Alessandro (2014), entre las principales características del pepino se puede mencionar que es un fruto carnoso y con abundante jugosidad que normalmente se consume de forma cruda como parte principalmente en ensaladas. Algunos de ellos pueden alcanzar entre 60 centímetros de longitud y 10 centímetros de diámetro; pudiendo en otros casos ser redondos y cortos.

Desde otra perspectiva, indica Vallejo (2015), que se trata de una planta herbacea anual cuyo fruto es pulposo, cilíndrico, verde al inicio y amarillo una vez maduro, con un tono blanco en su interior y gran cantidad de semillas pequeñas, achatadas y ovaladas. Cuando el fruto se encuentra inmaduro se conoce como pepinillo o cohombro con un tamaño de 5 a 8 cm y una vez maduro puede alcanzar los 75 cm de longitud.

2.2.1.3. Usos

Adán (2017) menciona que el pepino es una de las hortalizas de mayor importancia, dado su consumo per cápita generalmente como hortaliza de mesa. También se utiliza para consumo en fresco, para la obtención de aceites de sus semillas y en la actualidad se emplea para la elaboración de jabones y cremas corporales, debido al contenido de vitamina E, su riqueza en agua y aceites naturales que resultan ser beneficioso para el cuidado externo de la piel.

2.2.1.4. Producción de pepino en Ecuador

Según Rocohano (2013), en Ecuador el cultivo de pepino se desarrolló principalmente en los valles cálidos de la Sierra y en el trópico seco del Litoral. La producción de pepino es aproximadamente 1.250 hectáreas con un rendimiento

aproximado de 13.2 Tm/ha, presentando una mayor producción en la provincia del Guayas con 6.680 Tm.

En las variedades de cultivos de hortalizas, el pepino presenta ventajas primordiales en el aspecto técnico y económico, por ser un cultivo de ciclo corto, el cual se puede adaptar sin problemas a las distintas regiones del Ecuador (Rocohano, 2013), siendo la provincia de Santa Elena, Guayas, Manabí, Loja y Esmeraldas las zonas donde mayormente se cultiva.

2.2.2 Generalidades de la cáscara del pepino

2.2.2.1. Composición nutricional y beneficios

Generalmente los pepinos se pelan, puesto que la cáscara o rugosa piel externa resulta ser difícil de masticar y digerir. Sin embargo, lo que se desconoce es que la mayor parte del valor nutricional beneficioso del pepino se deriva de su cáscara. El programa La Unión Junior (2017) indica la composición nutricional de la cáscara de pepino y sus beneficios:

- Las cáscaras de pepino son ricas en fibra insoluble, que es una fibra que ayuda en problemas del tracto digestivo como el estreñimiento; mientras que la parte blanca interior proporciona algo de fibra soluble, la cual ayuda a suavizar las heces. Explica que, ingerir 6 rodajas de pepino con cáscara, proporciona aproximadamente 1 g de fibra, de la cual la mayor parte es insoluble.
- En la cáscara de pepino es donde se encuentra el mayor contenido de vitamina K, la cual ayuda a activar las proteínas que el cuerpo requiere para el mantenimiento de los huesos, así como el crecimiento celular y evitar la formación de coágulos de sangre. Explica que una taza de pepino con

cáscara contiene 49 microgramos de vitamina K, mientras que sólo la pulpa contiene 9 microgramos.

- Las cáscaras de pepino contienen una mayor concentración de betacaroteno, un tipo de vitamina A, la cual es beneficiosa para la visión.

Alay y Correia (2014) mencionan que la piel del pepino presenta abundantes sales minerales, así como una sustancia similar a una enzima digestiva, que aumenta su digestibilidad, que al pelarlo estas se eliminan.

2.2.2.2. Aprovechamiento y usos

En Ecuador se produce una gran cantidad de subproductos agroindustriales, en este caso residuos de alimentos que se encuentran divididos en producción agrícola con un 30 % en cereales, el 40 % y 50 % en raíces frutas y vegetales, y el 20 % en semillas de oleaginosas, derivados lácteos y carne (Asqui, 2019).

De acuerdo con Riera, Maldonado y Palma (2018), en Ecuador no se registra la existencia de un aprovechamiento eficiente de los residuos generados por agroindustrias ni por las pérdidas postcosecha, debido al desconocimiento de su valor y por la no disposición de métodos para su preparación o transformación.

En muchas investigaciones recientes, estos residuos han sido de utilización para la producción de biodiesel, bioetanol, biogás o para la obtención de alimentos para animales, abonos orgánicos, entre otros (Riera et al., 2018).

En México ante la prohibición del uso de bolsas de plásticos y otros materiales, alumnas del Instituto Politécnico Nacional (IPN), presentaron un bioplástico elaborado a partir de la cáscara de pepino, debido a que éste resultaba ser resistente y degradable por el alga espirulina que contiene, a su vez podía servir como alimento para cualquier especie animal marina (Alfa Editors, 2020).

2.2.3 Pectina

2.2.3.1. Origen

La pectina fue descubierta por primera vez por Vauquelin en los zumos de frutas, pero finalmente fue caracterizada por el químico francés Henri Braconnot en el año 1825, recibiendo el nombre de pectina, derivado del griego pektos “solidificado, cuajado”. Pero fue en el año 1916 que Enlich y Suárez dieron a conocer el aislamiento del ácido D-galacturónico, que es el componente principal de todas las pectinas (Berger y Díaz, 2011).

Salcedo (2015) menciona que la producción comercial de pectinas comenzó en Alemania en el año 1908 a partir de los residuos de la extracción del zumo de manzana y sobre todo de la industria de zumos de cítricos.

2.2.3.2. Definición

La pectina se define como un polisacárido empleado como aditivo en la industria alimentaria, con la función de gelificante, espesante, emulsificante y estabilizante de otros productos. Asimismo, se emplea en la industria farmacéutica en el área de biotecnología para la producción de fármacos, fines terapéuticos, entre otros (Franco, 2015).

Beltrán, Díaz y Sáenz (2011) definen a las pectinas como un hidrato de carbono de elevado peso molecular presente en las plantas en forma de protopectina. Además, es una sustancia neutra, no cristalizable, incolora y soluble en agua, existente en frutos maduros, transformada a partir de la pectososa.

2.2.3.3. Estructura

Las pectinas se encuentran formadas por alrededor de 150 - 500 unidades de ácido galacturónico con grupos carboxílicos parcialmente esterificado con un grupo

metoxilo. La cadena principal contiene también restos de azúcares neutros como como la D-galactosa, L-arabinosa y L-ramanosa (Ochoa, 2008).

2.2.3.4. Localización

Vera, Villada y Meneses (2016) indican que la pectina se ubica principalmente en la pared primaria y en la lámina media de frutas y vegetales, siendo los tejidos mesenquimáticos y perenquimáticos ricos en dicha sustancia, proporcionando una función de cemento intercelular.

Otro concepto proporcionado por Lema (2015) indica que la pectina se encuentra en la pared celular de las plantas entrecruzada por otros polisacáridos como la celulosa, hemicelulosa y lignina, que están enlazados a través de puentes de hidrógeno, proporcionando firmeza y rigidez a la pared celular.

2.2.3.5. Clasificación

Según el contenido de grupos metoxilo, Ferreira (2007) determina que las pectinas se dividen en dos tipos:

- **Pectinas de alto metoxilo:** Son aquellas en las que los grupos carboxílicos del ácido galacturónico del polímero se encuentran más del 50 % esterificados con metanol, siendo éstas capaces de formar geles en pH entre 2,8 y 3,5 y un contenido de sólidos solubles (azúcares) entre 60 % y 70 %, en promedio 65 %.

A su vez las pectinas de alto metoxilo se subdividen en dos grupos: aquellas de gelificación rápida, es decir, que actúan en menos de 5 minutos y presentan un grado de esterificación con metanol entre el 68 % y 75 %. El otro grupo son aquellas de gelificación lenta, es decir, que actúan después de los 5 minutos y tienen de 60 % a 68 % de esterificación con metanol .

Para este tipo de pectinas es necesario que exista un pH de 3,5 o más ácido y un mínimo de 55 % hasta 85 % de sólidos solubles para la formación del gel, puesto que si no se dan estas condiciones, por más que se adicione pectina al medio, ésta no se comportará como gelificante sino más bien como viscosante.

Debido a su grado de esterificación superior a 50 % este tipo de pectinas son térmicamente reversibles, encontrándose mayormente en la cáscara de cítricos, es por ello que cuando más esterificada este la pectina más fácil será su solubilización en frío (Lliuyacc, 2018).

- **Pectinas de bajo metoxilo:** Son aquellas pectinas en las que, menos del 50 % de sus grupos hidroxilos están esterificados con metanol y requieren esencialmente la presencia de cationes divalentes, generalmente el calcio. Estas pectinas forman geles en pH de 1,0 a 7,0 o superior, donde el intervalo de sólidos solubles puede encontrarse entre 0 % a 80 % sin afectar el medio, pero sí es significativo la presencia de calcio. La cantidad de calcio necesaria va a depender de la cantidad de sólidos solubles, por ejemplo, en un medio con 30 % de sólidos solubles, se requiere de 40 a 100 mg de calcio.

2.2.3.6. Propiedades

Silva y Cruz (2019) describen las siguientes propiedades de las pectinas:

- **Solubilidad:** Las pectinas son solubles en agua y en formamida, dimetilformamina y glicerina caliente, pero insolubles en solventes orgánicos o soluciones que contengan polímeros, proteínas, detergentes cuaternarios y cationes polivalentes.

- **Acidez:** En su estado natural las pectinas son neutra, pero en solución tienen carácter ácido, el mismo que depende del medio y del grado de esterificación.
- **Viscosidad:** Son aditivos que forman soluciones viscosas en agua. Aquellas que son de alto grado de esterificación tienden a aumentar el peso de su viscosidad, mientras que en las de bajo metoxilo pueden aumentar su viscosidad si el calcio supera cierto límite.
- **Poder de gelificación:** Se expresa en grados SAG y hace referencia a la cantidad de sacarosa que gelifica un gramo de pectina bajo condiciones estándar de pH de 2.8 - 3.4 y una concentración de azúcares de 65 °Brix (Villani, Ceron y Mera 2010).

2.2.3.7. Características fisicoquímicas

- **Tiempo de gelificación:** Culquimboz y Ocampo (2010) indican que el tiempo de gelificación va a depender de la velocidad de enfriamiento del gel y explica que al enfriar lentamente se obtienen gelificaciones a temperaturas más elevadas y por ello la velocidad de gelificación se determina a temperatura constante.

Párraga, Murillo y Moreira (2015) mencionan que el tiempo de gelificación de la pectina va a depender del porcentaje de esterificación, es decir, si el porcentaje esta entre 60 % - 67 %, la gelificación será lenta; mientras que para rangos de 68 % a 70 %, la gelificación es media y que para una gelificación rápida se necesita de entre 71 % a 76 % de grados de esterificación.

- **Grado de metoxilación:** Se refiere al número de grupos metoxilos que se encuentran esterificando los grupos carboxílicos de los ácidos

galacturónicos. De aquí se diferencian los dos tipos de pectinas de alto y bajo metoxilo (Villani et al., 2010).

El grado de metilación cumple un papel importante en la firmeza y cohesión de los tejidos vegetales, es por ello que una reducción del grado de metilación produce un aumento de la cohesión que es evidente en tejidos calentados dando una combinación de un incremento de los enlaces de calcio y una disminución de la susceptibilidad de la pectina a despolimerizarse, mientras que en tejidos frescos la formación de carboxilos libres fortalece los enlaces calcio entre polímeros (García, 2010).

- **Contenido de ácido galacturónico:** Refleja netamente la pureza de la pectina y de manera indirecta sus impurezas. El nivel de ácido galacturónico en pectinas debe ser superior a 74 % en base seca, para considerarse de alta pureza; mientras que en un porcentaje inferior a 70 %, indica la presencia de ácidos no urónicos (Lopez, 2013).
- **Grado de esterificación:** Hace referencia al grado variable en que los grupos carboxilos de los ácidos galacturónicos se encuentren esterificados con metanol (Almeida et al., 2019). Esta característica influye también en la temperatura de gelificación, es decir, que a mayor grado de gelificación, mayor es la temperatura de gelificación.

La resistencia del gel y la velocidad de la gelificación disminuyen con un grado de esterificación menor, debido al aumento de interferencia esférica que ocasionan los grupos metil-ester sobre las interacciones intermoleculares mediante puentes de hidrógeno. Mientras que con un grado de esterificación mayor disminuye el tiempo de gelificación, lo cual se puede

atribuir al incremento de la interacción hidrofóbica entre las moléculas de pectina (Ávila, 2009).

2.2.3.8. Aplicaciones

Rodríguez, Sandoval y Ayala (2003) mencionan que debido a su amplia utilización como aditivo, la pectina ha generado gran interés en la industria alimentaria, además en industria farmacéutica y de cosméticos. Ha sido empleada en diferentes tipos de alimentos con diversas funciones como: gelificantes, estabilizantes, espesantes, texturizantes, entre otros. Se utilizan en múltiples productos:

- Como estabilizantes se emplean en productos proteínicos ácidos como: yogurt, suero y bebidas de soya.
- Aquellas pectinas de gelificación lenta se emplean en productos de panaderías, salsas, jaleas, confitería, entre otros.
- Las pectinas de gelificación rápida tradicionalmente se utilizan en mermeladas.
- Aquellas pectinas de bajo metoxilo se emplean en productos bajos en azúcar, preparaciones de frutas para yogurt, salsas, geles de postres. Además también se pueden emplear en productos altamente azucarados y de alta acides como las conservas que contengan frutas ácidas.

En la industria farmacéutica se emplea como coagulante sanguíneo, emulsificante de preparados farmacéuticos, como antídoto en intoxicaciones con metales pesados, preparación de medios de cultivos bacteriológicos, como agente suspensor, entre otros (Rodríguez y Roman, 2004).

Estudios realizados por Berger y Díaz (2011) describen el uso de pectinas en la metalmecánica como endurecimiento del acero u otras aleaciones y recubrimiento

de láminas de metal. También en la industria de plásticos y como agente aglutinantes y de clarificación en productos espumantes, preparación de sustancias adhesivas, cintas de adorno, entre otros.

2.2.4 Métodos de extracción de pectina

Silva y Cruz (2019) indican que existen diversas técnicas para la extracción de pectinas a partir de los tejidos vegetales, en los cuales se pueden emplear procedimientos tanto físico-químicos como enzimáticos. Industrialmente el método o técnica más empleada es la hidrólisis ácida, puesto que, este permite obtener un mayor rendimiento de sustancias pécticas.

Entre los métodos se tienen:

- **Método convencional o hidrólisis ácida:** Se lleva a cabo a temperaturas de alrededor de 90 °C por aproximadamente una hora. En este método las pectinas se extraen continuamente y se separan mediante acidificación, generalmente se usan ácidos como: el ácido cítrico, ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido clorhídrico o ácido sulfúrico. Una vez concentradas, se secan, se granulan y tamizan.
- **Extracción asistida por microondas:** La ventaja de este método es que, permite extraer pectina en un menor tiempo, con una mejor calidad y rendimiento, puesto que no provoca la degradación térmica de proteínas.
- **Método físico-químico:** Uno de ellos es mediante el uso de agentes quelantes con el objetivo de remover los cationes que constituyen los ácidos pécticos, y otro es mediante el uso de ácidos con el objetivo de romper los puentes de hidrógeno entre los ácidos pécticos y la celulosa. El pH, temperatura, tiempo, tipos de solventes o agentes quelantes influyen en el rendimiento de pectina.

- **Método enzimático:** Se efectúa mediante el uso de enzimas de grado alimenticio (proteasas y celulasas). Se presenta como una alternativa amigable al medio ambiente, ya que produce menos residuos al evitar reacciones secundarias, que se originan en métodos químicos. Sin embargo, desde el factor económico éste método resulta menos ventajoso que el método químico (Muñoz, 2016).

2.2.4.1. Efecto de la temperatura, pH y tiempo en la extracción de pectina

Para la extracción de pectina a nivel industrial según Quispe (2019), el método más empleado es en medio acuoso acidificado (hidrólisis ácida) el cual se lleva a cabo a temperaturas entre 60 °C – 95 °C y en un rango de pH entre 1.5 a 3.0, indicando que la presencia del ácido en medio acuoso a temperaturas elevadas favorece a un rápido y brusco rompimiento de las paredes celulares de la corteza del fruto, dando como resultado la hidrólisis de la protopectina. Mientras que el tiempo de extracción puede variar de 30 minutos a horas, manifestando que, si el tiempo es inferior a éste, la cantidad de pectina extraída será baja debido al tiempo de contacto de la materia prima con el agua acidulada, y si se extiende demasiado se producirá su degradación.

2.3 Marco legal

2.3.1 Norma general para los aditivos alimentarios CODEX STAN 192-1995

Definiciones:

Según el Codex Alimentarius, las pectinas son calificadas como aditivos alimentarios para consumo humano, autorizado y seguro, que no presenta riesgo alguno al ser consumida.

Codex Alimentarius 192-1995: Se define como aditivo alimentario a cualquier sustancia que, generalmente no se consume como alimento, ni como ingrediente básico en los mismos, pudiendo tener o no valor nutritivo, es usado en alimentos con fines tecnológicos en sus diferentes etapas de elaboración, tratamiento,

envasado, empaquetado almacenamiento o transporte, para mejorar sus propiedades organolépticas (Codex Alimentarius, 1995, p.3).

Justificación del uso de aditivos alimentarios:

Además, recalca que, el uso de aditivos alimentarios se justifica únicamente si ofrece una ventaja, no presenta riesgos para la salud de los consumidores, no implica errores y cumple con una o más de las funciones tecnológicas establecidas por el Codex como:

- a) Conservar la calidad nutricional en los alimentos.
- b) Brindar los ingredientes necesarios para los alimentos que son elaborados para grupos de consumidores con necesidades dietéticas especiales.
- c) Incrementar la calidad de estabilidad y conservación de los alimentos o también mejorar sus propiedades organolépticas, siempre y cuando no altere su naturaleza, calidad o sustancia de manera tal que engañe al consumidor.
- d) Proporcionar ayuda en la elaboración, fabricación, preparación, envasado, tratamiento y transporte, a fin de que el aditivo no se emplee para cubrir defectos en el producto debido al empleo de materias primas defectuosas, malas técnicas o prácticas higiénicas.

2.3.2 Norma INEN 192-2013

Se fundamenta en el Codex Alimentarius, especificando a la pectina 440 como coadyuvantes y mencionando la categoría de alimentos en los que puede ser utilizada tales como: néctares de frutas, concentrados para néctares de frutas, zumos de frutos y concentrados para zumos de frutos (Lema, 2015).

2.3.3 Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria del Ecuador

Título II

Capítulo III: INVESTIGACIÓN, ASISTENCIA TÉCNICA Y DIÁLOGO DE SABERES

Artículo 9. Investigación y extensión para la soberanía alimentaria. - El Estado asegurará y desarrollará la investigación científica y tecnológica en materia agroalimentaria, que tendrá por objeto mejorar la calidad nutricional de los alimentos, la productividad, la sanidad alimentaria, así como proteger y enriquecer la agrobiodiversidad.

Título IV

CONSUMO Y NUTRICIÓN

Artículo 30. Promoción del consumo nacional. - El Estado motivará y implantará convenios de adquisición de productos alimenticios con los microempresarios, microempresa, pequeños y medianos productores agroalimentarios para atender las necesidades de los programas de protección

alimentaria y nutricional dirigidos a poblaciones de atención prioritaria. Además ejecutará campañas de información y educación a favor del consumo de productos alimenticios nacionales principalmente de aquellos vinculados a las dietas tradicionales de las localidades (Lorsa, 2010).

2.3.4 Especificaciones oficiales de pureza para pectinas comerciales.

Tabla 4. Especificaciones oficiales de pureza para pectinas comerciales

Características	Referencias		
	FAO (1978)	FCC (1981)	EEC (1978)
Humedad	Máy. 12%	Máy. 12%	Máy. 12%
Cenizas totales	-	Máy. 10%	-
Grado de esterificación de pectina HM	-	> 50%	-
Grado de esterificación de pectina LM	-	< 50%	-

Límites máximos permitidos de características fisicoquímicas para pectinas comerciales.

Silva y Cruz, 2019

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

En el desarrollo del presente proyecto de tesis se realizó un tipo de investigación experimental, ya que se llevó a cabo el proceso de extracción de pectina en laboratorio con la manipulación de material vegetal y reactivos químicos correspondientes al igual que la manipulación de variables como el pH y la temperatura del medio de extracción durante el proceso y determinar su influencia en el rendimiento para cada tratamiento. Como indica Sampieri, Collado y Lucio (2010), la investigación experimental permite manipular intencionalmente variables dentro del proceso para analizar sus posibles resultados.

Para ello se requirió una investigación bibliográfica referente a los componentes nutricionales de la cáscara de pepino y de los diferentes procedimientos para la extracción de pectina. También se recopiló información sobre las especificaciones de pureza para pectinas comerciales con la cual se evaluaron características fisicoquímicas (humedad, cenizas y grado de esterificación) y se compararon los resultados de la pectina obtenida frente a una pectina comercial con el objetivo de evaluar su calidad para poder presentar una alternativa dirigida hacia la industria alimentaria y generar nuevos conocimientos.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue cuantitativa. Se realizó una investigación experimental donde en primera instancia se recopiló información para establecer el procedimiento para la extracción de pectina y luego se estableció una muestra de 150 g de cáscaras de pepino para cada repetición en cada tratamiento y mediante la manipulación del pH y temperatura del medio de extracción se obtuvo pectina y

se midieron variables como el rendimiento de pectina expresado en porcentaje así como también las características fisicoquímicas (humedad, cenizas y grado de esterificación) basadas en las especificaciones de pureza para las pectinas establecidos por la FAO, FCC y EEC. Con esta investigación se determinó la presencia de pectina en la cáscara de pepino y se valoró la calidad de la misma mediante análisis físico-químicos.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

Según el tipo de investigación, se incluyen las variables.

3.2.1.1. Variables independientes

- pH del medio de extracción (Hidrólisis ácida)
- Temperatura del medio de extracción (Hidrólisis ácida)

3.2.1.2. Variable dependiente

- Rendimiento

A la pectina obtenida del mejor tratamiento se le realizó un análisis de humedad, cenizas y grado de esterificación en laboratorio de forma cuantitativa, expresando sus resultados en porcentajes con el uso de técnicas descritas más adelante basados en una norma establecida.

3.2.2 Tratamientos

En la Tabla 5 se detallan los 4 tratamientos que se realizaron en la extracción de pectina con pH y temperaturas variables a un tiempo de hidrólisis ácida constante (80 min), intervalos en los que se obtiene mayor rendimiento según análisis realizados en otra investigación (Aponte y Benavides, 2018).

En este caso, se fijó un arreglo factorial 2^2 , en donde el factor A representa al pH con 2 valores diferentes y el factor B representa a la temperatura con 2 valores diferentes habiendo obtenido 4 combinaciones factoriales.

Tabla 5. Tratamientos (combinaciones factoriales) a evaluarse en el proceso de producción de pectina

Factor A (pH)	Factor B (Temperatura)	Combinaciones
a1: 1.6	b1: 60 °C	a1b1
a1: 1.6	b2: 80 °C	a1b2
a2: 2.5	b1: 60 °C	a2b1
a2: 2.5	b2: 80 °C	a2b2

Se consideran valores de pH y temperaturas variables establecidos mediante revisiones bibliográficas.
Franco, 2022

3.2.3 Diseño experimental

Para el desarrollo de este estudio, la evaluación de los tratamientos se realizó bajo un diseño factorial 2^2 , en el cual para cada proceso (tratamiento) se realizaron cuatro repeticiones donde se comparó la influencia del pH y la temperatura sobre el rendimiento. Esto permitió tener un experimento de 16 unidades experimentales, cada una de las cuales estuvo representada por 150 g de cáscara de pepino. Se establecieron las siguientes hipótesis:

$$H_0: p = 0.05$$

$$H_A: p \neq 0.05$$

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

Insumos:

- Cáscaras de pepino

Equipos y materiales de laboratorio:**Equipos:**

- Balanza analítica 1000 g \pm 0.1 g
- Placa calefactora Thermo Scientific™ Cimarec 100 °C
- Termómetro Brand 100 °C
- Horno de secado/estufa de flujo horizontal - Thermo Scientific 30° - 220° C
- pHmetro Mettler Toledo SevenMulti de 1-14
- Sorbona

Materiales:

- Vasos de precipitación 250, 1000 y 2000 mL
- Espátula
- Varilla de agitación
- Micropipeta de precisión
- Mortero y pilón
- Embudo
- Probeta 250 mL

Materiales:

- Bandejas de aluminio
- Papel aluminio
- Toallas absorbentes
- Liencillo

Reactivos:

- Ácido clorhídrico: grado reactivo 12 N y concentración 37 % (p/p)
- Etanol al 96 %

- Agua destilada

Se determinó el rendimiento de los diferentes tratamientos. Para el de mayor rendimiento se realizaron análisis fisicoquímicos donde se incluyen: humedad, cenizas y grado de esterificación, según los procedimientos establecidos por el método AOAC 930.15 y AOAC 942.05.

Se tomó como referencia especificaciones oficiales de pureza para pectinas comerciales establecidas por FAO: Food and Agriculture Organization, FCC: Food Chemicals Codex, ECC: Environmental Export Council según (Silva y Cruz, 2019, p.19).

3.2.4.2. Métodos y técnicas

El método empleado en la investigación fue el método científico, como indica (Gargantilla, 2019) para el desarrollo del proyecto los pasos esenciales fueron:

Obtener información acerca de si las cáscaras de pepino contienen pectina y sobre los diferentes métodos para la extracción, lo cual permitió plantear hipótesis acerca de la influencia del pH y temperatura en el proceso de extracción para luego por medio de la experimentación corroborar las hipótesis planteadas y realizar conclusiones en base a los resultados obtenidos, producto de la teoría formulada.

A continuación se describen cada una de las técnicas utilizadas para el proceso de obtención de pectina de las cáscaras de pepino, así como las técnicas empleadas para determinar el rendimiento de cada tratamiento y la caracterización fisicoquímica de la pectina obtenida.

3.2.4.2.1. Diagrama de flujo del proceso de obtención de pectina a partir de cáscaras de pepino.

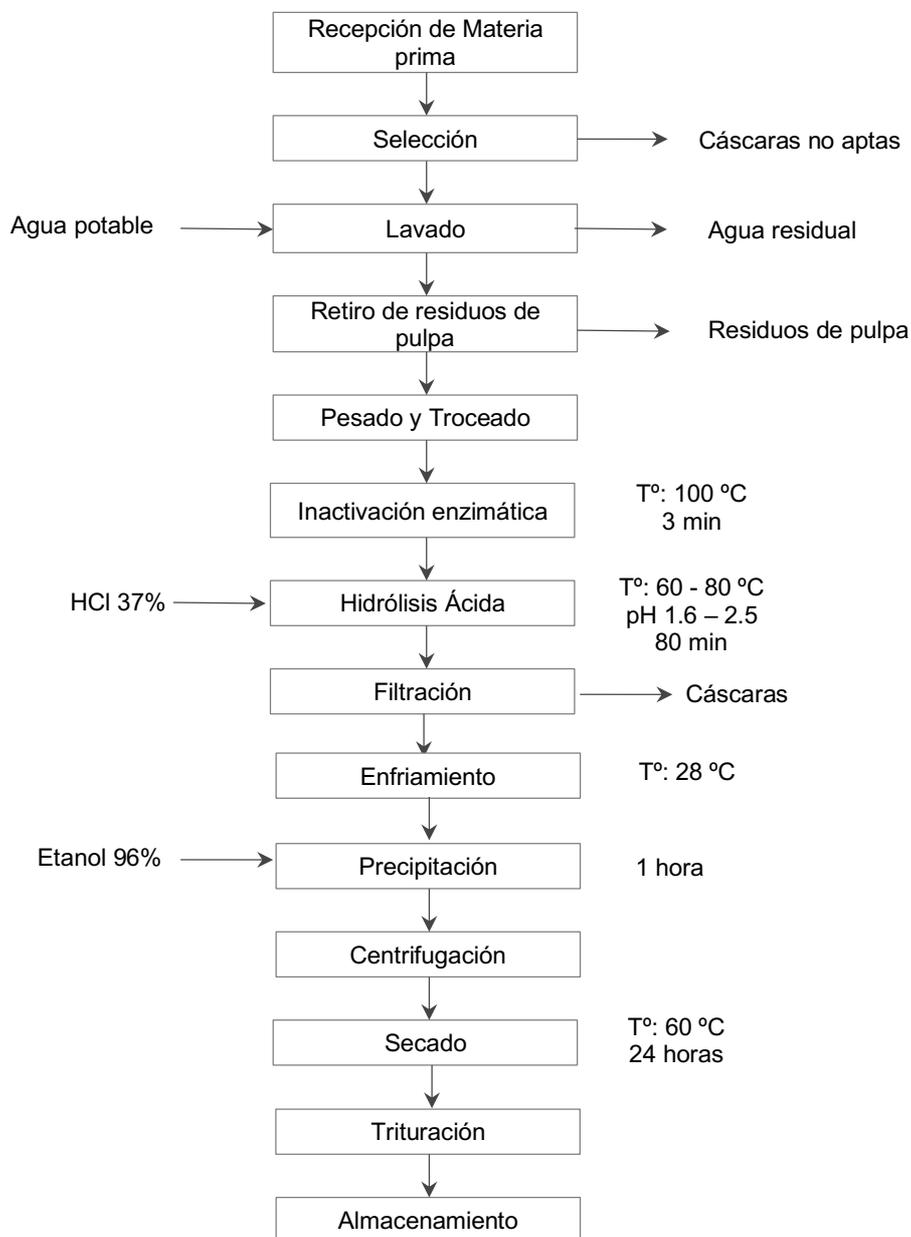


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso
Franco, 2022

- 1. Recepción de materia prima:** Se adquirió cáscaras de pepino procedentes de hogares y restaurantes.

2. **Selección:** Se seleccionaron las cáscaras de color verde oscuro que presenten una apariencia saludable, sin presencia de manchas o magulladuras.
3. **Lavado:** Con una cantidad considerable de agua potable se procedió al lavado para eliminar impurezas o suciedad presente, luego se escurrieron sobre toallas absorbentes.
4. **Retiro de residuos de pulpa:** Con el uso de un cuchillo y sobre una tabla de picar se procedió a retirar residuos de pulpa presentes en la parte interna de las cáscaras de pepino.
5. **Pesado y troceado:** En una balanza se pesaron 150 g de cáscara de pepino y posterior con ayuda de un cuchillo se disminuyó el tamaño de las cáscaras para optimizar operaciones posteriores.
6. **Inactivación enzimática:** Las cáscaras se llevaron a ebullición en una placa calefactora por aproximadamente 3 min con el fin de inactivar enzimas o eliminar microorganismos, por último, se dejó enfriar.
7. **Hidrólisis ácida:** Se colocaron los 150 g de cáscaras en un vaso de precipitación con 300 mL de agua destilada y posteriormente se añadió HCl al 37 % a la mezcla hasta obtenerse un pH entre 1.6 y 2.5 según cada tratamiento empleando un medidor de pH y luego se llevó a calentamiento a una temperatura y tiempo establecido con una agitación constante.
8. **Filtración:** Mediante un liencillo y un embudo se filtró la mezcla hidrolizada separando el material sólido de la fase líquida, en la cual se encontró disuelta la pectina.
9. **Enfriamiento:** Se dejó enfriar la fase líquida hasta alcanzar una temperatura aproximadamente entre 20 °C – 28 °C.

10. Precipitación: A la fase líquida resultante se agregó etanol al 96 % p/v, cuya cantidad corresponde al 60 % del volumen del filtrado obtenido y se dejó reposar durante una hora.

11. Centrifugación: La mezcla acuosa se llevó a centrifugación a 3500 rpm durante aproximadamente 10 minutos para cada turno. Posteriormente se colocó la pectina húmeda en bandejas de aluminio separándola del líquido.

12. Secado: En una incubadora se secó la pectina a una temperatura de entre 60 °C por un período de entre 24 horas.

13. Trituración: Se empleó un mortero y pilón para la reducción de tamaño de la pectina.

14. Almacenamiento: La pectina obtenida se almacenó en bolsas de sello hermético, debidamente etiquetadas según el pH y temperatura de extracción.

3.2.4.2.2. Rendimiento de pectina

Para calcular el rendimiento de pectina obtenida se empleó la fórmula descrita por Párraga et al. (2015):

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad (1)$$

3.2.4.2.3. Descripción de los métodos de análisis fisicoquímicos

Determinación de humedad (AOAC 930.15 /Gravimetría): Se fundamenta en una determinación gravimétrica de la pérdida de masa de la muestra desecada hasta conseguir una masa o peso constante a determinada temperatura, pudiendo tal procedimiento efectuarse al vacío o a presión atmosférica (Sección Química de Alimentos y Nutrición, 2015).

- Se colocó el crisol con la tapa en la estufa a 130 ± 3 °C por aproximadamente 60 min.

- Posteriormente se colocó el crisol cubierto en el desecador con el objetivo de que alcance una temperatura ambiente.
- Se registró el peso del crisol y la tapa, luego se pesó 2 g de muestra.
- Con la estufa de secado previamente calentada se ingresó el crisol descubierto con la muestra y la tapa a 130 ± 3 °C por 60 min.
- Luego en el interior de la estufa se cubrió el crisol que posteriormente fue transportado al desecador, se retiró la tapa y se dejó que alcance una temperatura ambiente.
- Por último se registró el nuevo peso del crisol y la muestra (Lema, 2015).

Determinación de cenizas (AOAC 942.05 /Gravimetría): Se fundamenta en la incineración de la muestra a una temperatura de 550 °C y pesada del residuo hasta peso constante (Laguna, 2019).

- En el crisol previamente secado y pesado, se colocaron 2 g de muestra, luego se introdujo el crisol con la muestra en la mufla a 600 °C.
- Se mantuvo el crisol en calentamiento durante 2 horas.
- Por último se transfirió el crisol directamente al desecador, se enfrió y pesó (Lema, 2015).

Determinación del grado de esterificación de la pectina de acuerdo al procedimiento de Schultz y Schweige.

Procedimiento:

- Se valoró 10 mL de disolución de pectina al 1 % con NaOH (hidróxido de sodio) 0,1 Normal (N) utilizando fenolftaleína como indicador (valoración A) añadiendo 20 mL de NaOH 0,5 N, en un tiempo determinado con el fin de desesterificar la pectina.
- Se añadió 20 mL de HCl (ácido clorhídrico) 0,5 N para neutralizar el NaOH.

- Finalmente la disolución se valoró con NaOH 0,1 N (valoración B).
- El grado de esterificación se calculó con la siguiente ecuación (Flores, Mariños, Rodríguez y Rodríguez, 2013):

$$\%E = \frac{B}{A + B} \times 100 \quad (2)$$

Para la extracción de pectina se empleó la técnica de hidrólisis ácida. Se trabajó con una relación 1:2 de gramos de cáscara de materia prima y agua.

3.2.5 Análisis estadístico

La variable de respuesta (rendimiento) se valoró estadísticamente utilizando el análisis de varianza (ANOVA) y el test de Duncan. El primero para detectar diferencias significativas entre los tratamientos (combinaciones factoriales) y el segundo para la comparación de medias. Estos análisis se realizaron al 5 % de probabilidad de error ($p < 0.05$) tipo I, utilizando la versión estudiantil del software Infostat. El esquema de la varianza se detalla en la tabla 6.

Tabla 6. Esquema de análisis de varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total (n-1)	15
Factor A (pH) (a-1)	1
Factor B (Temperatura) (b-1)	1
Interacción AB	1
Error experimental (n-t)	12

Presentación del esquema de análisis de varianza.
Franco, 2022

4. Resultados

4.1 Obtención del rendimiento de pectina de la cáscara de pepino mediante hidrólisis ácida en los diferentes intervalos de pH y temperatura en un tiempo constante.

Como se observa en la tabla 7 el rendimiento de pectina tuvo una variación desde el 0.08 % para el tratamiento 3 (pH de 2.5, temperatura de 60 °C por 80 minutos) hasta 0.43 % para el tratamiento 2 (pH de 1.6, temperatura de 80 °C a 80 minutos).

Tabla 7. Rendimiento de pectina para cada tratamiento

Tratamientos	Nº muestra	Materia prima (g)	Pectina seca (g)	Rendimiento (% p/p)
T2 pH = 1.6 T° = 60 °C	1	150	0.43	0.28
	2	150	0.30	0.20
	3	150	0.17	0.11
	4	150	0.13	0.08
T2 pH = 1.6 T° = 80 °C	1	150	0.65	0.43
	2	150	0.51	0.34
	3	150	0.38	0.25
	4	150	0.23	0.15
T3 pH = 2.5 T° = 60 °C	1	150	0.34	0.22
	2	150	0.13	0.08
	3	150	0.00	0.00
	4	150	0.00	0.00
T4 pH = 2.5 T° = 80° C	1	150	0.29	0.19
	2	150	0.30	0.20
	3	150	0.00	0.00
	4	150	0.00	0.00

Se realizaron cuatro repeticiones para cada tratamiento considerando intervalos de pH y temperatura diferentes en un tiempo constante de 80 min.

Franco, 2022

Puede notarse la disminución del rendimiento de pectina entre los tratamientos debido a la disminución del pH y el aumento de la temperatura, puesto que, la presencia del ácido en medio acuoso a temperaturas elevadas favorece a un rápido y brusco rompimiento de las paredes celulares de la corteza del fruto, dando como resultado la hidrólisis de la protopectina.

Tabla 8. Cuadro de Análisis de la Varianza (ANOVA)

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.11	3	0.04	3.32	0.0567
Tratamientos	0.11	3	0.04	3.32	0.0567
Error	0.14	12	0.01		
Total	0.25	15			

Cuadro de varianza (ANOVA).
Franco, 2022

Según los análisis de varianza, se demuestra en la tabla 8 que el p-valor es 0.0567 siendo mayor al valor del nivel de significancia de 0.05 por lo tanto se rechaza la H_0 la cual indica que $p = 0.05$ entre los tratamientos llevados a cabo en el estudio y se acepta la H_A que manifiesta que $p \neq 0.05$.

Se evaluaron los datos obtenidos del rendimiento de pectina mediante la prueba Duncan para la comparación de medias (Ver Anexo 1) (Figura 3), en la tabla 9 se demuestra que entre los tratamientos T3, T4 y T1 no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las medias obtenidas debido a que el tratamiento T3 y T4 comparten el mismo pH (2.5) y el T1 a pesar de presentar un pH diferente (1.6), se llevó a cabo a una temperatura inferior (60 °C), lo que ocasionó que no presentara diferencia significativa. Sin embargo, el tratamiento T2 si presenta diferencia significativa con el tratamiento T3 y T4 debido a que se llevó a cabo a un pH más ácido (1.6) con una temperatura más elevada (80 °C) y a su vez el

tratamiento T2 y T1 no presentan diferencias significativas ya que comparten el mismo pH.

Tabla 9. Análisis estadístico del rendimiento de pectina

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
T3	0.08	4	0.05	A	
T4	0.10	4	0.05	A	
T1	0.17	4	0.05	A	B
T2	0.29	4	0.05		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)
Franco, 2022

Como se detalla en la Figura 2, el tratamiento 2 representa el mayor rendimiento de pectina de acuerdo con las medias obtenidas entre los tratamientos, esto permitió elegir dicha muestra para realizar los análisis fisicoquímicos.

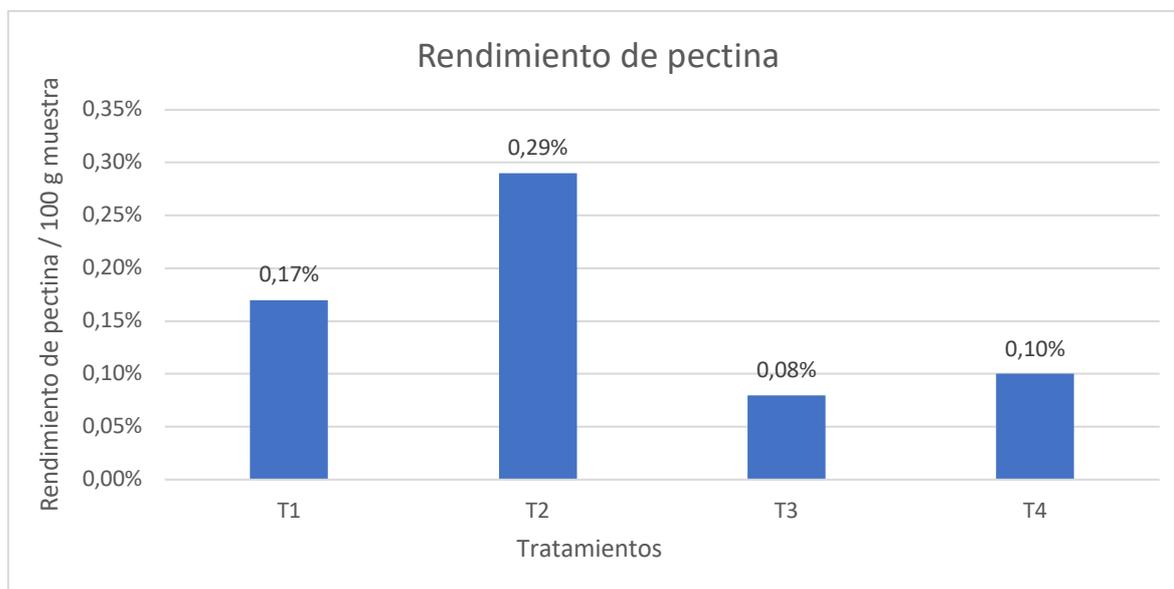


Figura 2. Rendimiento de pectina / 100 g de muestra (pectina de cáscara de pepino)
Franco, 2022

4.2 Caracterización de la pectina obtenida del tratamiento con mayor rendimiento determinando el contenido de humedad, cenizas y grado de esterificación.

En la tabla 10 se detallan los análisis fisicoquímicos realizados a la pectina de la cáscara de pepino obtenida del tratamiento 2 respecto a humedad, cenizas y grado de esterificación en la que se indicó lo siguiente:

Humedad: Con los resultados de los análisis realizados a la pectina que se reflejan en la tabla 10 según el parámetro de humedad, su valor se encuentra dentro de las especificaciones oficiales de pureza para pectinas establecidas por la FAO, la FCC y la EEC que permiten un máximo de humedad de 12 %, presentando la pectina de la cáscara de pepino una humedad de 11.44 % (Ver Anexo 4), (Figura 18).

Cenizas: Según los análisis de cenizas realizados a la pectina de la cáscara de pepino detallados en la tabla 10, la pectina presentó un porcentaje de cenizas de 11.18 % que comparados con los establecidos por la FCC (Máx. 10 %), esta se encontró ligeramente por encima de las especificaciones internacionales.

Grado de esterificación: La pectina de la cáscara de pepino presentó un grado de esterificación de 86.91 ± 1.34 % en las pruebas realizadas por duplicado. Sin embargo, estos resultados superaron el 50 %, lo que permitió clasificarla como pectina de alto metoxilo, es decir que es una pectina que gelifica bajo condiciones ácidas y en presencia de sólidos solubles.

Tabla 10. Análisis fisicoquímicos

Parámetros	Unidad	Resultados	Especificaciones internacionales (FAO, FCC, EEC)
Humedad	%	11.44	Max. 12
Cenizas	%	11.18	Max. 10
Grado de esterificación	%	86.91±1.34	HM >50% LM <50%

Resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos a la pectina del tratamiento con mayor rendimiento.

Franco, 2022

4.3 Comparación de la pectina extraída de las cáscaras de pepino con mayor rendimiento frente a una pectina comercial.

La comparación se realizó en base a las características fisicoquímicas (humedad, cenizas y grado de esterificación) frente a una pectina comercial, teniendo como resultado lo que se detalla en la tabla 11 en donde se indica que la pectina comercial presentó una humedad de 5.65 %, mientras que la pectina de la cáscara de pepino presentó una humedad de 11.44 %, siendo este un valor superior pero que se encuentra dentro de los rangos permitidos según la FCC en las especificaciones internacionales de pureza para pectinas.

Con respecto al análisis de cenizas la pectina comercial obtuvo un resultado de 1.16 % mientras que la pectina de la cáscara de pepino obtuvo un resultado de 11.18 %, encontrándose levemente por encima del porcentaje permitido según la FCC.

Para el grado de esterificación, la pectina de la cáscara de pepino presentó un porcentaje de 86.91±1.34 % mientras que la pectina comercial presentó un grado de esterificación de 73.96±1.80 %, demostrando que ambas pueden ser

clasificadas como pectinas de alto metoxilo según lo indicado por la FCC por lo que son capaces de formar geles en medios con presencia de sólidos solubles y en medios ácidos.

Tabla 11. Comparación de los análisis fisicoquímicos de la pectina de la cáscara de pepino frente a una pectina comercial

Pectinas	Humedad	Cenizas	Grado de esterificación
Pectina de la cáscara de pepino	11.44%	11.18%	86.91±1.34%
Pectina comercial	5.65%	1.16%	73.96±1.80%

Resultados de humedad, cenizas y grado de esterificación de pectina de la cáscara de pepino comparados con los resultados de pectina comercial.

Franco, 2022

5. Discusión

Con respecto al rendimiento, se obtuvo el mayor resultado (0.29 %) para el tratamiento 2, realizado a una temperatura de 80 °C y un pH de 1.6 en el proceso de hidrólisis ácida por 80 minutos. Estos resultados fueron diferentes a los plasmados por Aponte y Benavides (2018) quienes realizaron la extracción de pectina del pepino cohombro mediante hidrólisis ácida con ácido clorhídrico, teniendo como resultado un rendimiento de 1.27 % a una temperatura de 60 °C, un pH de 1.6 por 80 minutos de extracción, siendo mayor debido a una menor temperatura empleada en la hidrólisis ácida. Por otra parte, comparando los resultados con los reportados por Ávila (2019) frente al rendimiento de pectina obtenida de la cáscara de piña mediante hidrólisis ácida con ácido clorhídrico, presentando un porcentaje de 0.17 % bajo condiciones de temperatura de 90 °C durante 40 minutos de extracción siendo este menor en comparación al porcentaje reportado en el estudio, diferencia que se puede atribuir al tiempo de contacto del material vegetal con el medio ácido que haya influenciado en un mayor rendimiento en el presente estudio por emplearse un tiempo de hidrólisis ácida de 80 minutos.

En cuanto a las características fisicoquímicas como humedad, cenizas y grado de esterificación el presente estudio registró una humedad de 11.44 %, cenizas 11.18 % y un grado de esterificación de 86.91 ± 1.34 % de la pectina de la cáscara de pepino presentan diferencias frente a los emitidos por Hernandez et al. (2017) quienes obtuvieron una humedad de 5.93 % siendo este porcentaje menor al obtenido de la pectina de la cáscara de pepino haciéndola más susceptible a la proliferación de microorganismos, cenizas 4.92 % cumple con los rangos permitidos a diferencia de la pectina de cáscara de pepino que se encontró levemente por encima de los rangos permitidos. Sin embargo, en el grado de esterificación la

pectina de la cáscara de pepino presentó un mayor porcentaje en comparación con la pectina del bagazo de *Aloe vera* que presentó 61.53 %, comparando de igual manera estas características frente a las descritas por Barreto et al. (2017) quienes obtuvieron una humedad de 4.510 ± 0.80 %, cenizas 1.351 ± 0.07 % siendo valores inferiores a los reportados en el estudio y que se encuentran dentro de los rangos permitidos, mientras que para el grado de esterificación presentó 81.380 ± 0.17 % siendo este inferior al porcentaje presentado en la pectina de la cáscara de pepino. La variación del contenido de cenizas totales en pectinas se puede atribuir al medio ácido de hidrólisis según indica Ardila (2007), mencionando que las cadenas de las sustancias pépticas al tener iones polivalentes como calcio y magnesio, los cuales se hallan intra e inter molecularmente llegan a formar cloruros con el medio ácido extractor (ácido clorhídrico), lo que va a producir una liberación de las cadenas pépticas y la formación de sales solubles en ácido, lo cual afectó en la presencia del contenido de minerales cuando la extracción se realizó a un pH de 1.6 en relación a un medio de extracción con pH superiores ya que la concentración de hidrogeniones es menor y no afecta a las cadenas pépticas en la misma medida siendo su poder de penetración menor a través de la pared celular. Por otro lado, también se indica que el contenido de material mineral puede verse afectado por el lugar, específicamente el suelo donde se cultiva el pepino, siendo este un tipo de suelo de buen drenaje y con la presencia de abundante material orgánico.

Barreto et al. (2017) indica que en lo referente a la comparación de la pectina de mango de azúcar frente a una pectina estándar, esta presentó una humedad por debajo del 10 % al igual que la pectina estándar concluyendo que ambas se encuentran en el valor recomendado, mientras que en cenizas la pectina de mango de azúcar presentó un valor inferior al de la pectina estándar lo que se atribuye

probablemente a la composición del suelo en la que fue cultivado el vegetal, factores ambientales o el uso de fertilizantes; estos valores difieren a los reportados en el presente estudio de la pectina de la cáscara de pepino con una humedad de 11.44 % encontrándose dentro de los rangos permitidos según la FCC y que se encontró por encima de la humedad que registró la pectina comercial (5.65 %) lo que se puede atribuir al tiempo de secado y almacenamiento de la pectina lo que haya provocado que adquiriera más humedad hasta el momento de ser analizada, mientras que el contenido de cenizas de la pectina de la cáscara de pepino (11.18%) el cual fue superior al de la pectina comercial (1.16 %) puede verse afectado por el pH al que se llevó a cabo la extracción y por no realizarse lavados con etanol para eliminar impurezas del HCl. Respecto al grado de esterificación de la pectina de la cáscara de pepino (86.91 ± 1.34 %) con la pectina comercial (73.96 ± 1.80 %) ambas se encontraron por encima del 50 % clasificándolas como pectinas de alto metoxilo, resultados que fueron similares a los reportados por Silva, Benites y Gomero (2008) en cuanto al grado de esterificación de la pulpa de níspero de la sierra y el mesocarpio de granadilla: 86,24 % y 88,79 % frente a la pectina comercial con un grado de esterificación de 81,50 % las tres siendo pectinas de alto metoxilo por encontrarse por encima del 50 % al igual que la pectina de la cáscara de pepino y la pectina comercial.

6. Conclusiones

Con el presente trabajo se comprobó que, con tiempos de extracción constantes, disminución del pH y aumento de la temperatura del medio de extracción producen un incremento en el rendimiento de pectina puesto que se aumenta la hidrólisis de los enlaces de la protopectina. El mayor resultado de pectina obtenida corresponde a la muestra extraída en condiciones de temperatura de 80 °C, pH 1.6 y tiempo constante de 80 minutos lo que difiere de la hipótesis establecida comprobándose que los factores como el pH y la temperatura si influyen en el rendimiento de pectina.

Se pudo caracterizar la pectina obtenida de la cáscara de pepino en cuanto a humedad (11.44 %) se encontró dentro de las normas internacionales establecidas por la FCC, FAO y EEC, mientras que, para el parámetro de cenizas (11.18 %) se encontró levemente por encima de los límites permitidos y presentó un grado de esterificación superior a 50 % (86.91 ± 1.34 %) permitiendo que se clasificara como pectina de alto metoxilo.

Mediante la caracterización fisicoquímica de la pectina de la cáscara de pepino frente a una pectina comercial como patrón, se pudo concluir que ambas son de alto metoxilo por presentar un grado de esterificación superior al 50 % las cuales pueden ser empleada en la industria de alimentos por su rápido poder de gelificación. Sin embargo, la pectina obtenida no presentó una coloración similar a la pectina comercial sino más oscura dada la presencia de clorofila en la cáscara de pepino.

7. Recomendaciones

Se recomienda que el presente estudio sirva como guía o base para generar más estudios a cerca de las diferentes fuentes donde se pueda extraer pectina con el fin de aprovechar más recursos del sector agrícola.

Se recomienda realizar lavados con etanol a la pectina precipitada para eliminar trazas del ácido que se emplee y mejorar su coloración.

Se recomienda realizar el análisis de otros parámetros fisicoquímicos (ácido galacturónico, metales pesados, grado de metoxilación) que permitan determinar en su totalidad la pureza de la pectina.

Se propone utilizar la pectina obtenida para la elaboración de algún producto alimenticio con el objetivo de comprobar características como viscosidad y tiempo de gelificación.

Investigar otros métodos de extracción y ácidos que permitan la obtención de pectina de la cáscara de pepino con un mayor rendimiento.

8. Bibliografía

- Adán, A. M. C. (2017). *Producción, Morfología y Fisiología del Pepino Injertado (Cucumis sativus L.) Cultivado con Nanopartículas de Plata*.
- Alancay, M. M., Lobo, M. O. e Iturriaga, L. B. (2013). *Caracterización de pectinas obtenidas de subproductos de la industrialización del tomate y de pectinas comerciales*. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Santiago del Estero, Argentina.
- Alay, D. A. O. y Correia, J. C. M. (2014). *Estudio comparativo de dos distancias de siembra en pepino (Cucumis sativus L.) alzado en huertos organopónicos*.
- Alfa Editors. (2020, February 21). *Elaboran bioplástico con cáscara de pepino*. Retrieved August 3, 2020, from <https://www.alfa-editores.com.mx/bioplastico-cascara-pepino/>
- Almeida, C., Carrillo, I., Chamorro, S. y Palacios, T. (2019). *Diseño de una planta piloto de extracción de pectina como gelificante a partir de residuos de la naranja (Citrus Sinensis)*. *FIGEMPA*, 1(2), 23.
- Aponte, A. y Benavides, Y. (2018). *Evaluación de los residuos orgánicos del exocarpio de pepino cohombro (Cucumis sativus) y del mesocarpio de granadilla (Passiflora ligularis) como alternativa de materia prima para la obtención de pectinas*.
- Ardila, S. F. (2007). *Pectinas: aislamiento, caracterización y producción*. (U. N. Colombia, Ed.) Colombia.
- Asqui, R. A. A. (2019). *Aprovechamiento de residuos Agroindustriales, a base de cáscara de zanahoria (daucus carota), remolacha (beta vulgaris) y mora (rubus glaucus) para una bebida mediante liofilización*.

- Ávila, E. (2019). *Extracción y caracterización de pectina a partir de residuos de cáscaras de piña (Ananas comosus) por el método de hidrólisis ácida.*
- Ávila, M. A. R. (2009). Extracción de pectina líquida a partir de cáscaras de Maracuyá (*Passiflora edulis*) y su aplicación en el desarrollo de un producto de humedad intermedia, 96.
- Barreto, G. E., Púa, A. L., Alba, D. D. De y Pión, M. M. (2017). Extraction and characterization of pectin from sugar mango (*Mangifera indica* L .). *Temas Agrarios.*
- Beltrán, X., Díaz, R. y Sáenz, G. (2011). *Extracción y Caracterización de pectinas.* Obtenido de <https://es.slideshare.net/xilberferbeltranfernandez/extraccion-de-pectina>
- Berger, V. A. y Díaz, D. R. (2011). *Análisis técnico y económico de la pectina, a partir de la cáscara de la naranja (Citrus sinensis).*
- Cabarcas, E., Guerra, F. y Henao, C. A. (2012). Extracción y caracterización de pectina a partir de cáscaras de plátano para desarrollar un diseño general del proceso de producción.
- Codex Alimentarius. (1995). *Norma general para los aditivos alimentarios.* Retrieved from <http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/en/>
- Cortés, M., Martelo, Y. J. y Rodríguez, E. (2011). Valoración de atributos de calidad en pepino (*Cucumis sativus* L.) fortificado con vitamina E. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(1), 24-34.
- Culquimboz, Y. M. y Ocampo, S. M. (2010). Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de maushan (*Vasconcellea weberbaueri* (Harms) V.M. Badillo) provenientes del distrito de San Miguel de Soloco, región Amazonas. *Rev. Aporte Santiaguino*, 3(2), 177-184.

- D'Alessandro, M. (2014). Pepino | Características, cultivo, propiedades, beneficios, usos | Fruto. Retrieved August 3, 2020, from <https://www.flores.ninja/pepino/>
- Ferreira, S. (2007). *Pectinas: aislamiento, caracterización y producción a partir de frutas tropicales y de los residuos de su procesamiento industrial*.
- Flores, R. B., Mariños, D. C., Rodríguez, N. B. y Rodríguez, D. S. (2013). Optimization of the conditions of pectin extraction from lemon rind french (Citrus medica) using response surface methodology. *Agroindustrial Science*, 2, 77–89. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2013.02.01>
- Franco, V. Y. (2015). Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO). *Investigación & Desarrollo*, 1(15).
- Gaibor, J. B. M. (2015). Análisis de factibilidad para la creación de una fábrica de pectina.
- Galván, I. A., Martínez, C. S. C., Jiménez, E. C. y Concha, J. C. (2016). Determinación de pectina total (ácido galacturónico) en pepino de tipo holandés, 1(1), 348–352.
- García, E. E. A. (2010). Estudio del comportamiento reológico de las pectinas con diferente grado galacturónico obtenida a partir de citrus paradisi (Gray Fruit). *Universidad De El Salvador*, 31.32.
- García, G. N. (1985). *Sustancias pécticas: química y aplicaciones - Ginés Navarro García - Google Libros*. (EDITUM, Ed.). Retrieved from https://books.google.es/books?id=Ettw8N9uwA8C&dq=Sustancias+pécticas:+química+y+aplicaciones&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s

- Gargantilla, P. (2019, February 19). ¿Qué es el método científico? Estos son sus cinco pasos. Retrieved August 4, 2020, from https://www.abc.es/ciencia/abci-metodo-cientifico-estos-cinco-pasos-201902170129_noticia.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com
- Hernandez, C. C., Quintero, M. E. M., Hernandez, D. R. y Zafra, L. C. (2017). Hidrólisis Ácida Del Bagazo De Aloe Vera (Sábila) Para La Obtención De Pectina. *Centro Azucar*, 44(2), 18–26.
- La Unión Junior. (2017, August 29). ¿El pepino se come con cáscara o sin cáscara? Retrieved August 3, 2020, from <http://www.launioncorp.com/juniors/pepino-se-come-cascara-sin-cascara/>
- Laguna, D. D. R. (2019). *Determinación de los parámetros fisicoquímicos y antocianinas del fruto y el vino de Untusha (Berberis lobbiana)*.
- Lema, L. A. G. (2015). *Diseño para un proceso para la obtención de la corteza del limón de la variedad Tahití (Citrus latifolia Tan.)*.
- Lliuyacc, R. (2018). *Efecto de la temperatura, tiempo y ph en el rendimiento de extracción de pectina en cáscara de tumbo serrano (Passiflora tripartita L.)*. Tesis, Acobamba.
- Lopez, M. S. (2013). Extracción de pectina de cocona (*Solanum sessiliflorum dunal*) por acidulantes y su caracterización fisicoquímica.(tesis de Ingeniería Agroindustrial), 1–138.
- Lorsa. (2010). Ley De Régimen De La Soberanía Alimentaria, 1–15.
- Morales, D. B. (2012). Evaluación de la producción del cultivo de pepinillo (*Cucumis Santibus L.*) en función a la aplicación de tres tipos de abonos químicos y un orgánico en el cantón Ibarra provincia de Imbabura. Babahoyo: UTB, 2012. Retrieved from <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/498>

- Muñoz, A. (2016). Caracterización de pectinas industriales de cítricos y su aplicación como recubrimientos de fresas.
- Muñoz, N. (2015). Pectinas Caracterización Y Obtención/Tr Químicos Y Físicos. Sección Química de Alimentos y Nutrición. (2015). *Determinación de humedad en alimentos*.
- Ochoa, L. R. (2008). *Efecto del agente de extracción y tiempo de hidrólisis ácida en el rendimiento de pectina de cáscaras de maracuyá (Passiflora edulis var. flavicarpa)*.
- Párraga, V. N., Murillo, J. P. y Moreira, A. K. (2015). Uso de los ácidos cítricos y clorhídrico y sus efectos en las características fisicoquímicas de la pectina del albedo de maracuyá (*Passiflora edulis*). *Revista La Técnica*(15), 90-99.
- Quintana, M. M. (2016, August). Cultivo de pepino. Retrieved August 3, 2020, from <https://es.slideshare.net/MARBYMUOZQUINTANA/cultivo-de-pepino-65408417>
- Quispe, C. X. (2019). *Obtención de pectina a partir de cáscaras de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y zanahoria amarilla (Daucus carota)*. Tesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Departamento de Ingeniería Química, Riobamba-Ecuador.
- Riera, M. A., Maldonado, S. y Palma, R. R. (2018). Agro-industrial residues generated in ecuador for the elaboration of bioplastics. *Revista Ingeniería Industrial, ISSN-e 0717-9103, Vol. 17, N° 3, 2018, Págs. 227-247, 17(3), 227–247*. <https://doi.org/10.22320/S07179103/2018.13>
- Rocohano, H. (2013). *Efecto de dosis de creolina en el control de insectos plagas en el cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) en Manglaralto, provincia de Santa Elena*. Tesis.

- Rodríguez, E., Sandoval, A. y Ayala, A. (2003). Hidrocolides Naturales de Origen Vegetal. *Tecnura*, 13(13), 4–13.
- Rodríguez, K. y Roman, A. (2004). *Extracción y evaluación de pectina a partir de la cascara de la naranja de las variedades Citrus sinensis y Citrus paradisi y propuesta de diseño de una planta ílotto para su producción.*
- Salcedo, N. L. Z. (2015). *Comparación del estudio de coloración y agente de extracción en la obtención de pectina de dos variedades de maracuyá (Passiflora edulis).*
- Sampieri, R. H., Collado, C. F. y Lucio, M. del P. B. (2010). *Definición del alcance de la investigación a realizar: exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa. Metodología de la investigación.* Retrieved from <http://www.casadellibro.com/libro-metodologia-de-la-investigacion-5-ed-incluye-cd-rom/9786071502919/1960006>
- Silva, A. V. y Cruz, J. B. (2018). *Caracterización de la pectina obtenida a partir de la cáscara de cacao (Theobroma cacao L.) mediante variación del ácido y temperatura.* Tumbes-Perú.
- Silva, N. C., Benites, E. A. y Gomero, J. C. (2008). Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. *Ingeniería Industrial - Redalyc*(26), 175-199.
- Vallejo, J. X. (2015). *Evaluación agronómica de dos híbridos de pepino (Cucumis sativus L) en tres distancias de siembra.* Tesis, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias, Guayaquil.
- Vera, Y. C., Villada, D. C. y Meneses, J. D. (2016). Efecto del pre-tratamiento con ultrasonido en la extracción de pectina contenida en el albedo del maracuyá (Passiflora edulis). *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*,

14(1), 103. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(14\)103-109](https://doi.org/10.18684/bsaa(14)103-109)

Villani, C. A. M., Ceron, R. F. y Mera, J. M. (2010). Evaluación de la calidad de las pectinas cítricas obtenidas a partir de las cáscaras de naranja, de las variedades valencia.

9. Anexos

9.1 Anexo 1. Resultados del Análisis de Varianza con la prueba Duncan para los tratamientos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO %	16	0.45	0.32	67.90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.11	3	0.04	3.32	0.0567
TRATAMIENTOS	0.11	3	0.04	3.32	0.0567
Error	0.14	12	0.01		
Total	0.25	15			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0115 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T3	0.08	4	0.05	A
T4	0.10	4	0.05	A
T1	0.17	4	0.05	A B
T2	0.29	4	0.05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 3. Análisis estadístico del rendimiento de pectina en el programa Infostat Franco, 2022

9.2 Anexo 2. Proceso de obtención de pectina de la cáscara de pepino



Figura 4. Acondicionamiento de cáscaras de pepino (*Cucumis sativus*) Franco, 2022



Figura 5. Inactivación enzimática de las cáscaras de pepino
Franco, 2022



Figura 6. Preparación en relación 1:2 cáscaras de pepino / agua destilada
Franco, 2022



Figura 7. Adición de HCl para ajuste de pH de cada tratamiento
Franco, 2022



Figura 8. Medición de pH para cada uno de los tratamientos
Franco, 2022



Figura 9. Control de temperatura del medio de extracción
Franco, 2022



Figura 10. Extracción de pectina a diferentes pH y temperaturas durante 80 minutos
Franco, 2022



Figura 11. Filtración del medio de extracción
Franco, 2022



Figura 12. Precipitación de la pectina con etanol al 96% durante 1 hora
Franco, 2022



Figura 13. Centrifugación y separación de pectina
Franco, 2022



Figura 14. Pectina húmeda de la cáscara de pepino
Franco, 2022



Figura 16. Pectina seca de la cáscara de pepino
Franco, 2022

9.3 Anexo 3. Resultados de valoración del grado de esterificación de pectina de la cáscara de pepino (Tratamiento 2) y pectina comercial por duplicado



Figura 15. Valoración de pectina de la cáscara de pepino para determinación del grado de esterificación
Franco, 2022



Figura 17. Valoración de pectina comercial para determinación del grado de esterificación
Franco, 2022

9.4 Anexo 4. Resultados obtenidos de los análisis de humedad y cenizas de pectina de la cáscara de pepino (*Cucumis sativus*) (Tratamiento 2) por parte del laboratorio



INFORME DE RESULTADOS IDR 31428-2021						
						Fecha: 23 de Agosto del 2021
DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	FRANCO CARVACHE IVONNE MAOLY					
Dirección	Atarazana Mz M3 Villa 1					
Teléfono	0958753045					
Contacto	Srta. Ivonne Franco					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Pectina de la cáscara de pepino	Cantidad	Aprox. 4 g			
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A			
Presentación	Frasco plástico	Fecha de recepción	18 de Agosto del 2021			
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra	N/A			
CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	20.6	Humedad (%)	37.9			
Fecha de Inicio de Análisis			19 de Agosto del 2021			
Fecha de Finalización del análisis			19 de Agosto del 2021			
RESULTADOS						
CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad	Límite de Cuantificación
Pectina de la cáscara de Pepino	UBA-31428-1	Humedad	AOAC 930.15 (Gravimetría)	11.44	%	-
		Ceniza	AOAC 942.05 (Gravimetría)	11.18	%	-
Observaciones:						
1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote.						
2. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio.						
3. Nomenclatura: N.D. = No Detectable; N.A. = No aplica						
4. La información relacionada con la toma de muestra fue proporcionada por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza de la veracidad de la información que ha sido proporcionada por el cliente y que puede afectar directamente a la validez de los resultados.						



Figura 18. Análisis de humedad y cenizas de la pectina de la cáscara de pepino (Tratamiento 2) Franco, 2022

9.5 Anexo 5. Resultados obtenidos de los análisis de humedad y cenizas de la pectina comercial por parte del laboratorio



INFORME DE RESULTADOS IDR 31427-2021

Fecha: 23 de Agosto del 2021

DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	FRANCO CARVACHE IVONNE MAOLY					
Dirección	Aterazana Mz M3 Villa 1					
Teléfono	0958753045					
Contacto	Srta. Ivonne Franco					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Pectina Comercial	Cantidad	Aprox. 300 g			
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A			
Presentación	Frasco plástico	Fecha de recepción	18 de Agosto del 2021			
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha colecta de muestra	N/A			
CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	20.6	Humedad (%)	34.9			
Fecha de Inicio de Análisis	19 de Agosto del 2021					
Fecha de Finalización del análisis	19 de Agosto del 2021					
RESULTADOS						
CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad	Limite de Cuantificación
Pectina Comercial	UBA-31427-1	Humedad	AOAC 930.15 (Gravimetría)	5.65	%	-
		Ceniza	AOAC 942.05 (Gravimetría)	1.16	%	-
Observaciones:						
1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote.						
2. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio.						
3. Nomenclatura: N.D. = No Detectable; N.A. = No aplica						
4. La información relacionada con la toma de muestra fue proporcionada por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza de la veracidad de la información que ha sido proporcionada por el cliente y que puede afectar directamente a la validez de los resultados.						

FOR ADM. 04 R01

Página 1 de 1



Av. Carlos L. Plaza Darín, Cda. La PAE Mz 20 solar 12 (frente al primer bloque de la Aterazana)
 Computador: 04 2288 578 / 04 6017 745 Celular: 09 9273 7500 / 09 9479 0671
 Email: nmontoya@pectina-lab.com
 Guayaquil - Ecuador

www.uba-lab.com

Figura 19. Análisis de humedad y cenizas de pectina comercial Franco, 2022

9.6 Anexo 6. Especificaciones oficiales de pureza para pectinas comerciales

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

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

Fuente: (Puerta 1996).

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

Figura 20. Especificaciones oficiales de pureza para pectinas comerciales Franco, 2022