



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

Extracción ácida de pectinas asistida con microondas empleando diferentes
tiempos a partir del procesamiento de manzanas (*Pyrus malus L.*)

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniera Química

AUTORES

Bach. Cajusol Siadén Ingrid Elizabeth

Bach. Villanueva López Sheyla Sabina

ASESOR

Dr. García Espinoza, César Alberto - orcid.org/0000-0003-2883-2127

Lambayeque, 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA
TESIS

Extracción ácida de pectinas asistida con microondas empleando diferentes
tiempos a partir del procesamiento de manzanas (*Pyrus malus L.*)

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Química

AUTORAS:

Bach. CAJUSOL SIADEN INGRID ELIZABETH.

Bach. VILLANUEVA LOPEZ SHEYLA SABINA.

APROBADO POR:



Dra. TARCILA AMELIA CABRERA SALAZAR
Presidente



Dr. ANGEL WILSON MERCADO SEMINARIO
Secretario



Dr. SEBASTIAN HUANGAL SCHEINER
Vocal



Dr. CESAR ALBERTO GARCIA ESPINOZA
Asesor

Declaración jurada de originalidad

Yo, CESAR ALBERTO GARCIA ESPINOZA, Docente/Asesor de tesis/Revisor del trabajo de investigación, del (los) estudiante (s).

CAJUSOL SIADEN INGRID ELIZABETH
VILLANUEVA LOSPEZ SHEYLA SABINA


Titulada:

Extracción ácida de pectinas asistida con microondas empleando diferentes tiempos a partir del procesamiento de manzanas (*Pyrus malus L.*)."

Luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de 13% verificable en el reporte de similitud en el programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 10 de mayo del 2022.

.....


Dr. CESAR ALBERTO GARCIA ESPINOZA

ASESOR



ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL N° 055-UINV-FIQIA



Siendo las 19:30 hs del día 10 de junio del 2022, se reunieron vía plataforma virtual, <https://meet.google.com/juq-bkts-rev> los miembros de jurado evaluador de la Tesis Titulada: **“EXTRACCION ACIDA DE PECTINAS ASISTIDA CON MICROONDAS EMPLEANDO DIFERENTES TIEMPOS A PARTIR DE RESIDUOS DEL PROCESAMIENTO DE MANZANAS (Pyrus malus L.)”**; designados por la RESOLUCION No 018-2021-VIRTUAL-UINV-FIQIA de fecha 14 de mayo de 2021 con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformados por los siguientes docentes:

Dra. TARCILA A. CABRERA SALAZAR - Presidente

Dr. ANGEL WILSON MERCADO SEMINARIO - Secretario

Dr. SEBASTIAN HUANGAL SCHEINER - Vocal.

La tesis fue asesorada por el **Dr. CESAR ALBERTO GARCIA ESPINOZA**, nombrado por Decreto N 87-2018-D-FIQIA, de fecha 6 de marzo de 2018. El acto de sustentación fue autorizado por RESOLUCION N° 198-2022-D-FIQIA-VIRTUAL, de fecha 08 de junio de 2022. La Tesis fue presentada y sustentada por los Bachilleres: **SHEYLA SABINA VILLANUEVA LÓPEZ** e **INGRID ELIZABETH CAJUSOL SIADÉN** y tuvo una duración de 1 hora y 10 min. Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el calificativo de 18 (dieciocho) en la escala vigesimal, con mención **MUY BUENO**. Por lo que quedan APTO (s) para obtener el Título Profesional de Ingeniero Químico, de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 20:40 hs. se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

Firmas


.....
Dra. Tarcila A. Cabrera Salazar
Presidente


.....
Dr. Angel Wilson Mercado Seminario
Secretario


.....
Dr. Sebastian Huangal Scheiner
Vocal


.....
Dr. Cesar Alberto Garcia Espinoza
Asesor

Dedicatoria

De manera especial a mis hermanos
Katherine, Yessenia, Johanny,
Brayan y Xiomara Cajusol, por su
apoyo y cariño incondicional que me
brindan para salir adelante.

Ingrid Elizabeth Cajusol Siadén

A mis mami Fanny López Carranza y
Dora Carranza Huamán, quienes con
Amor y esfuerzo me educaron y me
guían día a día para seguir adelante.

A mi hermana, Yamalí Villanueva
López, por su apoyo incondicional y
por ser mi fuerza e impulso en todo
momento.

A mi hijita, Nazly Aquino Villanueva,
quien es mi motor y motivo para
seguir creciendo y desarrollándome
como persona y profesional.

Sheyla Sabina Villanueva López

Agradecimiento

A Dios, por ser nuestra fortaleza y energía, quien nos guía y nos acompaña en este camino.

A la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por ser el centro donde nos ha permitido formarnos profesionalmente y lograr uno de nuestros objetivos.

A la plana docente de la Facultad de Ingeniería Química, quienes aportaron y compartieron sus conocimientos para fortalecer nuestro crecimiento profesional.

A nuestro asesor, por su guía e instrucciones en cada desarrollo de este trabajo, para poder llegar a término y aportar un granito de arena a la investigación.

Resumen

En la región Lambayeque, se generan cantidad de desechos de orujo de frutas incluyendo las de manzanas ocasionando proliferación de plagas, olores desagradables. Estas cáscaras de manzanas constituyen un 10 a 15% de pectina que no son aprovechados; producto que es utilizado en diferentes industrias. Nuestro país no produce pectina, por lo que se importa desde Europa y Estados Unidos.

La presente investigación plantea como problema, de qué manera afecta el tiempo de exposición con microondas cuando se asiste a la extracción ácida de pectina a partir de residuos de manzana, como objetivo evaluar el efecto de la asistencia con microondas en la etapa de extracción ácida a partir de los residuos de manzanas, la hipótesis la asistencia de la extracción ácida de pectina con diferentes tiempos de exposición con microondas mejora el rendimiento de extracción de la pectina a partir de los residuos de la manzana.

La metodología explicativa y experimental, se logró obtener pectina realizando un pre tratamiento, calentando las cáscaras de manzanas por un tiempo de 10 minutos a 90°C eliminándose los microorganismos, secándose por un espacio de 24 horas en la estufa y posteriormente con la extracción ácida para la inactivación enzimática e hidrolizar la proto pectina, se empleó un pH de 1.3 y 1.7 (con ácido fosfórico) con tiempos (2, 4, 6, 8, 10 y 12 minutos en el microondas), posteriormente alcohol de 96° GL para lograr la precipitación, dejando secar por dos días al aire libre, y moler para así obtener la pectina con mejores rendimientos en menor tiempo posible.

El tiempo óptimo fue de 10 minutos con un pH de 1.3, siendo este el valor máximo alcanzado en el rendimiento de 10.83% durante las pruebas, usando menos reactivos y tiempos de procesamiento.

Palabras claves: Pectina, Microondas, Hidrólisis ácida. Orujo de manzana

Abstract

In the Lambayeque region, a large amount of fruit pomace waste is generated, including apple pomace, causing the proliferation of pests and unpleasant odors. These apple peels constitute 10 to 15% of pectin that are not used; product that is used in different industries. Our country does not produce pectin, so it is imported from Europe and the United States.

The present investigation poses as a problem, how the exposure time with microwaves affects when assisting the acid extraction of pectin from apple residues, with the objective of evaluating the effect of microwave assistance in the acid extraction stage at from apple waste, it is hypothesized that the assistance of acid extraction of pectin with different microwave exposure times improves the extraction yield of pectin from apple waste.

The explanatory and experimental methodology, it was possible to obtain pectin by performing a pre-treatment, heating the apple peels for a time of 10 minutes at 90 ° C, eliminating microorganisms, drying for a space of 24 hours in the oven and later with acid extraction. for enzymatic inactivation and hydrolyzing proto-pectin, a pH of 1.3 and 1.7 (with phosphoric acid) with times (2, 4, 6, 8, 10 and 12 minutes in the microwave) was used, then 96° GL alcohol to achieve precipitation, leaving it to dry for two days in the open air, and grind in order to obtain pectin with the best yields in the shortest possible time.

The optimal time was 10 minutes with a pH of 1.3, this being the maximum value reached in the yield of 10.83% during the tests, using less reagents and processing times.

Keywords: Pectin, Microwave, Acid Hydrolysis. apple pomace

Índice General

Declaración jurada de originalidad	II
Dedicatoria	III
Agradecimiento	IV
Resumen	v
Abstract	VI
Índice General	VII
Índice de Tablas	XI
Índice de Figuras	XII
Índice de Anexos	XIV
Introducción	1
I. Antecedentes y Base Teórica.....	
1.1. Antecedentes de la Investigación.....	16
1.2. Base Teórica	21
1.2.1. Conceptos sobre pectina.....	9
1.2.2. Contexto histórico de la extracción de pectina	11
1.2.3. Estructura y propiedades de la pectina	12
1.2.4. Propiedades de la pectina	14
1.2.4.1. Coloidal	14
1.2.4.2. Solubilidad	14
1.2.4.3. Gelificación	14
1.2.5. Mecanismo de gelificación	15
1.2.5.1. Pectinas HM	15
1.2.5.2. Pectinas LM	15
1.2.5.3. Pectinas Feruladas	16

1.2.5.4. Reticulación de pectinas feruladas	17
1.2.6. Fuentes para la obtención de pectina	17
1.2.6.1. Fuentes tradicionales	17
1.2.6.2. Fuentes no convencionales	18
1.2.7. Aplicaciones de la pectina	19
1.2.7.1. Aplicación de la pectina en productos alimenticios	20
1.2.7.2. Aplicación de la pectina en la biomédica	21
1.2.7.3. Aplicación de la pectina en medicamentos	21
1.2.7.4. Aplicación de la pectina en genes y nanopartículas	22
1.2.7.5. Aplicación de andamios a base de pectina	22
1.2.8. Extracción de pectina	23
1.2.9. Métodos de extracción de pectina	24
1.2.9.1. Extracción ácida de pectina	24
1.2.9.2. Extracción asistida de pectina por microondas	25
1.2.9.3. Extracción enzimática	27
1.2.10. Actividad de las enzimas en extracción de las pectinas	27
1.2.10.1. Enzima celulosa	27
1.2.10.2. Enzima poligalacturonasa	28
II. Métodos y Materiales	
2.1. Tipo de Investigación	41
2.2. Método de Investigación	41
2.2.1. Variable de la fase descriptiva	29
2.2.2. Variable de la fase explicativa	29
2.3. Operacionalización de variables	30
2.4. Diseño de Contrastación	30

2.3.1. Factores y Niveles	30
2.3.2. Tratamientos	31
2.4. Población, muestra y muestreo	32
2.4.1. Población	32
2.4.2. Muestra	32
2.4.3. Muestreo	33
2.5. Técnicas, instrumentos, equipos y materiales de recolección de datos	443
2.5.1. Técnica	33
2.5.2. Instrumentos	33
2.5.3. Equipos	33
2.5.4. Materiales	34
2.6. Procesamiento y análisis de datos	34
2.7. Proceso de obtención de pectina a partir de la cáscara de manzana	34
2.7.1. Materia prima	34
2.7.2. Lavado y desinfectado	35
2.7.3. Pelado	36
2.7.4. Escaldado	37
2.7.5. Secado	37
2.7.6. Triturado	38
2.7.7. Extracción ácida	38
2.7.8. Filtrado	41
2.7.9. Precipitado	42
2.7.10. Secado	43
2.7.11. Molienda	43

2.7.12. Pectina	43
2.8. Análisis de Información	44
2.8.1. Rendimiento	44
2.8.2. Contenido de Humedad	45
2.8.3. Contenido de Cenizas	45
III. Resultados	
IV. Discusión	
V. Conclusiones y recomendaciones.....	4
VI. Referencias bibliográficas	
Anexos	83

Índice de Tablas

Tabla 01. <i>Operacionalización de variables</i>	30
Tabla 02. <i>Tratamientos</i>	32
Tabla 03. <i>Condiciones generales de extracción de pectina en cáscaras de manzanas (Pyrus malus L)</i>	44
Tabla 04. <i>Efecto de la asistencia con microondas obtenida con extracción ácida de 1.3 a diferentes tiempos de extracción para obtención de pectina</i>	48
Tabla 05. <i>Efecto de la asistencia con microondas obtenida con extracción ácida de 1.7 a diferentes tiempos de extracción para obtención de pectina</i>	49
Tabla 06. <i>Acondicionamiento de los residuos de procesado industrial de manzana</i>	53
Tabla 07. <i>Extracción en medio ácido de la pectina</i>	54
Tabla 08. <i>Peso húmedo de la precipitación con etanol de la pectina extraída a un pH de 1.3 a diferentes tiempos en el microondas</i>	56
Tabla 09. <i>Peso húmedo de la precipitación con etanol de la pectina extraída a un pH de 1.7 a diferentes tiempos en el microondas</i>	57
Tabla 10. <i>Rendimiento de pectina obtenida con pH 1.3 a diferentes tiempos de extracción en microondas</i>	60
Tabla 11. <i>Rendimiento de pectina obtenida con extracción ácida de 1.7 pH a diferentes tiempos de extracción en microondas</i>	61

Índice de Figuras

Figura 01. <i>Manzanas Pyrus malus L</i>	35
Figura 02. <i>Lavado de las manzanas Pyrus malus L</i>	35
Figura 03. <i>Desinfectado de las manzanas Pyrus malus L</i>	36
Figura 04. <i>Pelado de las manzanas Pyrus malus L</i>	36
Figura 05. <i>Escaldado de las manzanas Pyrus malus L</i>	37
Figura 06. <i>Secado de muestra en estufa</i>	37
Figura 07. <i>Muestra triturada de orujo de manzanas</i>	38
Figura 08. <i>Pesaje de orujo de manzanas para cada ensayo</i>	39
Figura 09. <i>Muestra de producto en agua destilada</i>	39
Figura 10. <i>Ajustando pH a muestra con ácido fosfórico</i>	40
Figura 11. <i>Calentando muestra a temperatura de 90°C</i>	40
Figura 12. <i>Utilización de microondas a diferentes tiempos de extracción</i>	41
Figura 13. <i>Muestra filtrada</i>	41
Figura 14. <i>Muestra filtrada añadiéndose alcohol para precipitación</i>	42
Figura 15. <i>Separación de muestra</i>	43
Figura 16. <i>Gráfico de valores promedio de Rendimiento de pectina vs Tratamientos obtenidos con extracción ácida de 1.3 a diferentes tiempos de extracción en microondas</i>	50
Figura 17. <i>Gráfico de valores promedio de Rendimiento de pectina vs Tratamientos obtenidos con extracción ácida de 1.7 a diferentes tiempos de extracción en microondas</i>	50

Figura 18. *Gráfico de valores promedio de Contenido de Cenizas en pectina vs Tratamientos obtenidos con extracción ácida de 1.3 a diferentes tiempos de extracción en microondas*51

Figura 19. *Gráfico de valores promedio de Contenido de Cenizas en pectina vs Tratamientos obtenidos con extracción ácida de 1.7 a diferentes tiempos de extracción en microondas*.....51

Figura 20. *Gráfico de valores promedio de Contenido de Humedad vs Tratamientos obtenido con extracción ácida de 1.3 a diferentes tiempos de extracción en microondas*52

Figura 21. *Gráfico de valores promedio de Contenido de Humedad vs Tratamientos obtenido con extracción ácida de 1.7 a diferentes tiempos de extracción en microondas*52

Figura 22. *Gráfico de valores promedio de Contenido de Peso Húmedo de pectina vs Tratamientos obteniéndose con extracción ácida de 1.3 a diferentes tiempos de extracción en microondas*.....58

Figura 23. *Gráfico de valores promedio de Contenido de Peso Húmedo de pectina vs Tratamientos obteniéndose con extracción ácida de 1.7 a diferentes tiempos de extracción en microondas*.....58

Índice de Anexo

Anexo 1. <i>Diagrama de bloques de obtención de pectina</i>	73.
Anexo 2. <i>Matriz de consistencia</i>	74.
Anexo 3. <i>Análisis estadístico para las variables de tiempo y pH en peso húmedo</i>	75
Anexo 4. <i>Matriz de consistencia</i>	76

INTRODUCCION

Dentro del contexto Internacional, en España investigadores han analizado los beneficios de los residuos de las manzanas, debido a que la producción de manzanas en el último año fue de 70 millones de toneladas, donde el 75% se convierte en jugos o conservas, mientras que el resto es solo materia seca (cáscaras) sobrantes, lo que abre un abanico de oportunidades a la ciencia, como es el proceso de extracciones secuenciales de moléculas bioactivas como la pectina, del cual se prepara un biomaterial con características y específicas necesarias para la ingeniería tisular, donde la extracción constituye es el 10% del peso seco del residuo de manzana, lo cual estas moléculas químicas extraídas, tienen un gran valor en el campo de la medicina debido a sus múltiples aplicaciones, por su elevada biocompatibilidad en la elaboración de fármacos antitumorales o tratamientos cutáneos (Instituto de Ciencia de Materiales, ICM, 2017).

En el ámbito Latinoamericano, en el contexto boliviano, se ha comenzado con la iniciativa para cambiar la extracción convencional en la extracción de pectina con temperaturas elevadas y largas con altos consumos de energía, por la extracción con hidrólisis asistida con microondas (HMO), el cual fue analizado por el Centro de Investigaciones de Procesos Industriales del país, dicho proceso se caracteriza por la clasificación de pectinas según su grado de esterificación que alcanza a un 70% a más, que iguala las cantidades de alto metoxilo que el 60% y 75%, pero se debe tener en cuenta, que la pureza de la pectina se mide en base al porcentaje del ácido galacturónico que contengan la totalidad de la masa de anillos de dicho ácido sobre la totalidad de la masa de la pectina, donde según estándares internacionales debe tener un valor mínimo de 65%, pero con nuevas normativas deben estar por encima del 74%, algo que permite el método por microondas (Zegada, 2016).

Por otro lado, en el ámbito ecuatoriano, se ha podido identificar la inexistencia de la producción de pectina, por lo que se importa de otros países, en los cuales se

paga un valor de 20 a 34 dólares el kilo, lo cual es costo muy elevado, pero se debe tener en cuenta que la obtención de la pectina es de cáscaras de frutas, las cuales contienen un 25% de sustancias pépticas, como la manzana que tiene un rendimiento del 15 al 18%, pero en el país se planea utilizar la pectina extraída de la naranja, donde las grandes industrias indican que los residuos de naranja representan el 50% y las manzanas el 25% de la cantidad utilizada, donde Ecuador se tiene una gran cantidad de desperdicios de este tipo de frutas, que en la totalidad de veces terminan en la basura con los demás desechos, algo que no está siendo aprovechado para extraer la pectina, este producto tiene múltiples dentro de las industrias alimentarias y farmacéuticas (Almeida, Carrillo, Chamorro y Palacios, 2019).

En el Perú, al igual que gran parte de países latinoamericanos, no tiene producción de pectina y de ninguno de sus derivados, lo cual ocasiona que este producto se importe, debido a que es necesaria para la industria alimentaria y farmacéutica, donde uno de sus principales proveedores son empresas mexicanas que tiene un promedio de US\$ 11.97 dólares por kilo de pectina (Chasquibol, Arroyo y Morales, 2015). Por otro lado, existen evidencias que se ha querido replicar la extracción de pectina, debido a que al igual que el ámbito ecuatoriano no existe la producción de pectina, a pesar de que el país cuenta con muchos desperdicios de cáscaras de frutas, como el caso del maushan, que es oriundo de la selva y que es una especie de papaya miniatura, del cual se obtiene una gran cantidad de cáscaras para la extracción de pectina por hidrólisis, donde el grado de extracción depende de la temperatura, pH y la duración del tratamiento ácido, con el cual hay un 50% de posibilidades de obtener pectinas altamente metiladas (Maldonado, Salazar, Millones, Torres y Vásquez, 2010).

En el contexto local, en Lambayeque se ha podido identificar que no hay producción de pectina al igual que en todas las demás regiones del país, a pesar de su gran demanda y necesidad de este producto en las industrias alimentarias y farmacéuticas, a pesar de que existen varias empresas agroindustriales con grandes desperdicios de cáscaras de frutas incluyéndose los residuos de manzana, algo que es la materia prima para la pectina. Esto ha ocasionado, que se importe dicho producto de otros países, generado también por la falta de industrias de

producción de pectina ante la falta de la tecnología y el costo de la misma para producirla. Por ello, esta investigación plantea el método asistido por microondas que permite la extracción de biocompuestos, como la pectina, dando tasas de extracción altas y un menor requerimiento.

Teniendo en cuenta lo anterior, se presenta como problema: ¿Cuál es el efecto de la extracción ácida de pectinas asistida con microondas empleando diferentes tiempos a partir de residuos del procesamiento de manzanas?, para lo cual se plantea como objetivo general, determinar el efecto de la extracción ácida de pectinas asistida con microondas empleando diferentes tiempos a partir de residuos del procesamiento de manzanas, y como objetivos específicos el acondicionamiento de los residuos del procesado industrial de manzana; extracción en medio ácido de la pectina presente asistida con diferentes tiempos de exposición de microondas; precipitación con etanol y separación por filtración de la pectina extraída; evaluar el rendimiento de extracción de pectina y el tiempo recomendable de exposición con microondas, formulando la hipótesis: La extracción ácida de pectinas asistida con microondas empleando diferentes tiempos a partir de residuos del procesamiento de manzanas mejora el rendimiento a comparación del método de extracción convencional. Este estudio es importante porque permite desarrollar un método mejorado para la extracción comercial de pectina con residuos de manzanas, basándose en la aplicación de microondas que permitirá un producto de mayor calidad y menos tiempo de procesamiento.

Dentro de las limitaciones más resaltantes se tiene la falta de información e investigaciones actuales dentro del ámbito nacional con respecto a la extracción de pectina, como también la complejidad para poder lograr obtener teorías que permitan sustentar el experimento realizado.

I. ANTECEDENTES Y BASE TEÓRICA

1.1. Antecedentes de la Investigación

Urango, Ortega, Vélez y Pérez (2018) en su artículo “Extracción rápida de pectina a partir de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*) empleando microondas”. Córdova – Colombia. Esta investigación tuvo como propósito analizar la extracción rápida de la pectina del maracuyá. La metodología utilizada fue experimental de nivel explicativo, para lo cual se contó como única muestra las cáscaras de maracuyá, por lo que se tuvo que utilizar una ficha de observación. Los resultados indicaron que el rendimiento en el proceso de extracción asistida por microondas, se tuvo en consideración factores como el tiempo, potencia del microondas y la concentración de solución de ácido clorhídrico, para lo cual se realizó un análisis de varianza y un testeo para la comparación de medias a un nivel de sig. bilateral del 5%. Se llegó a los siguientes resultados, que el mejor rendimiento en pectina (68.76%) en base a muestras húmedas fueron: 100 segundos, potencia de 1000 vatios y una concentración de 0.24 N de ácido clorhídrico, logrando un metoxilo de pectina del 6.86% que es una pectina bajamente metilada.

Toapanta, Vallejo, García y Caluña (2019) en su artículo “Diseño de un proceso para la obtención de pectina en medio ácido a partir de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum*)”. Riobamba – Colombia. Este estudio tuvo como finalidad diseñar el proceso de obtención de pectina a partir de cáscara de papa. La metodología utilizada fue de tipo aplicativa de nivel descriptivo, para lo cual se tuvo como muestra las cáscaras de papa superchola, para lo cual se utilizó la observación. Los resultados que indicaron durante la hidrólisis ácida, permiten encontrar las mejores condiciones de extracción como del pH (1.5), temperatura (90°C) y tiempo (60 minutos), donde se halló un rendimiento del 14.24%, luego para la precipitación de pectina se usó etanol 96° con proporción de 40% para hidrólisis y un secado a 50°C. Alcanzando que la pectina extraída tuvo un 78.21%, 7.93% y 11.2% de metilo y 1.49%, estas valoraciones encuentran dentro de los rangos

internacionales de pectina de pureza, por lo tanto, la pectina extraída se afirma que es aceptable.

Higuera, M (2019) en su tesis “Aprovechamiento de la cáscara de gulupa como fuente de pectina para la industria alimentaria”. Bogotá – Colombia. Esta investigación tuvo como finalidad realizar la extracción de pectina por hidrólisis ácida haciendo uso de factores como temperatura y pH a dos niveles diferentes. La metodología utilizada tuvo un diseño multifactorial, donde se tuvo una muestra de cuatro tratamientos de extracción, para lo cual se tuvo que utilizar la técnica de la observación. Los resultados en donde los cuatro tratamientos se sometieron a varios análisis, donde el mejor tratamiento la última muestra en donde uso un pH (3) y una temperatura (90°C), en el cual se hallaron valores como el rendimiento (7.321%), acidez libre (4.12%), peso equivalente (1551.85%), esterificación (83.36%), metoxilación (10.01%), gelificación (167SAG) y humedad 9.41%, lo cual estos valores están cercanos a los verificados en la pectina comercial. Finalmente, se comprueba que es posible la extracción de gulupa, con un alto grado metoxilación y gelificación rápida, apoyando la reducción de desechos orgánicos, teniendo una pectina con estándares de calidad para su comercialización.

Ramírez, Moreno, Curbelo y Crespo (2016) en su artículo “Cinética de la extracción de pectina obtenida del bagazo de sábila (*Aloe barbadensis* Mill)”. La Habana – Cuba. Este estudio tuvo como propósito evaluar la cinética en el proceso de extracción de pectina mediante hidrólisis ácida. La metodología fue de tipo aplicada, con un diseño explicativo, para lo cual se tuvo como muestra a tres tratamientos con temperaturas de 70°C, 80 y 90°C, para lo cual se utilizó una guía de observación. Los resultados de cada uno de los tratamientos a los cuales se les puso un tiempo a cada uno de entre 15, 30, 60, 90 y 120 minutos para la pectina líquida, en donde estos tiempos fueron ajustados en base a la ecuación de lixiviación, constante cinética y concentración de saturación, donde el mejor resultado fue el tercer tratamiento (90°C), ya que se obtuvo una mayor cantidad de pectina en 60 minutos y la energía de activación fue de 43.09 kJ/mol. Finalmente se concluyó, que extracción de pectina con ácido clorhídrico permite lograr buenos niveles de rendimiento de esta sustancia.

Molina y Tintaya (2018) en su tesis “Extracción y caracterización de pectina de la cascarilla del *theobroma cacao linnaeus* (cacao) para la inmovilización de *saccharomyces cerevisiae* y su aplicación en la fermentación del mosto de manzana”. Arequipa – Perú. Esta investigación tuvo como finalidad evaluar la extracción de pectina a través de la hidrólisis de las cáscaras de cacao. La metodología utilizada que se tuvo fue de tipo aplicada con una orientación explicativa, para lo cual se tuvo como muestra dos tipos de métodos, se usó una ficha de observación. Los resultados indicaron que en el método convencional no se hizo modificaciones y en la hidrólisis, se varió la temperatura a 75°C, un tiempo de 75 minutos y un pH de 3, donde se lograron evaluar características fisicoquímicas de la pectina, lográndose los valores como metoxilos (7.21%), peso equivalente (452.03mg/meg), esterificación (51.22%), ácido anhidrogacturónico (79.9%) y rendimiento (2.31g/100g). Finalmente se demostró, que es posible obtener pectina de la cáscara del cacao por hidrólisis de ácido cítrico, pero dicha pectina tuvo bajos estándares de metoxilación.

Cobeñas y Guerrero (2018) en su estudio “Caracterización de la pectina obtenida a partir de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*) mediante variación del ácido y temperatura”. Tumbes – Perú. Esta tesis tuvo como objetivo realizar una caracterización de la pectina obtenida variando el tipo de ácido y temperatura de extracción. La metodología utilizada fue de diseño experimental bifactorial con dos tipos de muestra (tipo de ácido y temperatura), para lo cual se usó una ficha observacional. Los resultados en donde se hicieron tres repeticiones de cada tratamiento obteniendo unos 16 experimentos (4 tipos de ácidos y 4 diferentes temperaturas), en donde la mejor extracción fue el obtenido con la utilización del ácido oxálico y una temperatura de 95°C, donde se obtuvo un rendimiento de 23.04%, humedad (10.65%), ceniza (0.87%), peso equivalente (2219,43g), metoxilo (2.89%), esterificación (63.45%), ácido gacturónico (79.13%), gelificación (368.03g) y de una coloración marrón. Finalmente, se concluyó que el tipo de ácido y la temperatura de extracción tiene un efecto significativo en el rendimiento y calidad de pectina, donde el mejor resultado obtenido se encontró en los parámetros de una pectina de calidad.

Lliuyacc, R (2018) en su investigación “Efecto de la temperatura, tiempo y pH en el rendimiento de extracción de pectina en cáscara de tumbo serrano (*Passiflora tripartita* L.)”. Huancavelica – Perú. Este estudio tuvo propósito evaluar el efecto de la temperatura, tiempo y pH en la extracción y rendimiento. La metodología utilizada fue de diseño compuesto central rotatorio, donde la muestra fue compuesta por tres tipos de factores: tiempo (40, 44, 50, 56 y 60 minutos); pH (3, 4.5, 6.5, 8.5 y 10) y temperatura (60°C, 64°C, 70°C, 76°C y 80°C). Los resultados más resaltantes fueron que la extracción con un pH 10, 70°C y 50 minutos presentó un rendimiento de 22,07%, y cenizas de pectina (12.30%); la extracción con pH 3, tiempo 50 minutos y 70°C obtuvo una mejor calidad de cenizas (23.77%) y un rendimiento menor (7.35%). Finalmente se llegó a concluir que las condiciones óptimas de tiempo y temperatura para un correcto equilibrio entre el rendimiento y contenido de cenizas de pectina son de 50 minutos a 60°, lo que demuestra que a mayor pH se obtuvo mayor rendimiento y a menor pH se obtuvo un mejor contenido de cenizas de pectina.

Hernández, J (2018) en su tesis “Caracterización de pectina a partir de uva (*Vitis vinífera red globe*) de descarte obtenida mediante método de hidrólisis ácida”. Piura – Perú. Esta investigación tuvo como finalidad caracterizar la pectina de la uva obtenida mediante hidrólisis. La metodología fue tipo experimental, con un corete transversal, además se contó con una muestra de 24 tratamientos, con variaciones en pH (1.5, 2, 2.5 y 3) y temperatura (75°C a 90°C), para lo cual se utilizó una ficha de registro. Los resultados indicaron que, de los 24 tratamientos, el que tuvo mejores características fue en donde se utilizó un pH de 2.5 con una temperatura de 75°C, donde cuyos valores indicaron que la humedad fue 8.197%, cenizas de pectinas (4.147%), ácido galacturónico (94.417%), esterificación (88.787% de G) y metoxilos (15.723%). Finalmente, se llegó a concluir que la pectina de uva mediante hidrólisis ácida haciendo variantes en el pH y temperaturas influyen en la caracterización final de la pectina final, donde el resultado donde se usó un pH de 2.5 a 75°C cumplió con los requisitos y estándares de una pectina de calidad.

Fustamante y Valdera (2019) en su estudio “Extracción enzimática y caracterización de la pectina a partir de los residuos del mango (*Mangifera indica*); Lambayeque 2015”. Chiclayo – Perú. Esta tesis tuvo como objetivo extraer y caracterizar la pectina extraída del mango. La investigación fue de tipo aplicada de diseño experimental de nivel aplicativo, mientras que se tuvo una muestra de ocho experimentos de extracción diferentes, para lo cual se utilizó una guía de observación. Los resultados indicaron que la extracción cinco se utilizó un pH de 3, temperatura de 40°C y un tiempo de 6 horas, con un rendimiento de 11.21% y la extracción uno que fue se usó un pH 4.5, 40°C y tiempo 6 horas con un rendimiento 2.45%. Finalmente se concluyó que mediante la hidrólisis enzimática se obtuvo un rendimiento de una pectina de calidad con un grado de 5.75% de metoxilo, esterificación del 63% y contenido de cenizas de 17.7% y una humedad de 8.24%.

Guerrero, F (2019) en investigación “Aprovechamiento de la cáscara de maracuyá para obtener pectina en la empresa Quicornac S.A.C. con el fin de aumentar sus ingresos”. Chiclayo – Perú. Este estudio tuvo como propósito analizar la obtención de pectina de las cáscaras de maracuyá para permitir aumentar ingresos económicos. La metodología usada fue de tipo aplicada con un diseño experimental, para lo cual se contó con una muestra de una extracción, para lo cual se hizo uso de una guía documental. Los resultados indicaron que utilizaron el método de hidrólisis ácida, donde obtuvieron el mejor rendimiento de pectina de calidad, donde se vierte una cantidad de ácido cítrico al 2% para obtener un pH de 1.5 y 3 aproximadamente y se agita por un tiempo de 60 minutos a una temperatura alta del 98%, obteniendo un rendimiento del 14.2%. Finalmente, se concluyó que tener una planta con una capacidad de 33.58 kg por hora de producción de pectina, permite tener un TIR del 54%, es decir, se obtienen 0.56 céntimos por cada sol de inversión, lo que genera grandes beneficios económicos y la reducción de desechos orgánicos.

Yrigoin, K (2019) en su tesis “Eficiencia de la pectina de cáscara de naranja para disminuir la concentración de arsénico en aguas de Mórrope”. Chiclayo – Perú. En este estudio tuvo como finalidad hallar la eficiencia de la obtención de la pectina para la reducción del arsénico en el agua. La metodología usada fue no experimental – longitudinal, para lo cual se tuvo una muestra de una extracción en

la que se utilizó una guía de observación. Los resultados indicaron que la pectina extraída en condiciones de un pH de 5, con 40°C y seis horas, con una cantidad de 0.5g a 4g permite reducir el pH del agua contaminada con arsénico, lo que demuestra la capacidad que tiene y los beneficios de la extracción de la pectina. Finalmente se pudo determinar que las dosis de 0.5 a 4g de pectina extraída de cáscara de naranja disminuye la concentración de arsénico entre los pH de 5 y 10, pero esto solo se empleó la extracción mediante hidrólisis ácida con temperaturas de 40°C, pH 5 y un tiempo de dos horas.

Flores y Tenorio (2015) en su estudio “Caracterización fisicoquímica de la pectina de cáscara de maracuyá (*passiflora edulis*) extraída mediante hidrólisis ácida y evaluada con el diseño de *box-behnken*, Lambayeque – 2012”. Chiclayo – Perú. Esta tesis tuvo como objetivo obtener pectina por hidrólisis ácida de la cáscara de maracuyá. La metodología utilizada fue de diseño experimental – explicativo, para lo cual se utilizó solo 19 tratamientos con temperaturas entre 71 y 81°C, pH de 1.3 a 1.7 y tiempo de 65 a 85 minutos, para lo cual se utilizó una guía de observación. Los resultados indicaron que se logró hallar que las óptimas condiciones fueron un pH de 1.27, 71°C y 85 minutos, donde se obtuvo un rendimiento del 19.89% de pectina, logrando índices de esterificación del 89%, metoxilo de 14.5%, ácido galacturónico del 88.6% y un grado de gelificación de 150°. Se llegó a concluir que la pectina extraída con hidrólisis ácida de la cáscara de maracuyá es de alto metoxilo, gelificación rápida y de alta calidad.

1.2. Base Teórica

1.2.1. Conceptos sobre pectina

La pectina es uno de los principales polisacáridos estructurales presentes en muchas células vegetales superiores que permiten la extensión de la pared celular primaria y el crecimiento de las plantas. Puede extraerse y aplicarse como biopolímero aniónico, soluble en agua, debido a las ventajas de usar pectina sobre los polímeros convencionales. Por lo tanto, la pectina es cada vez más importante para una multitud de aplicaciones de envasado de alimentos, como un agente espesante y gelificante, un estabilizador coloidal, un texturizador y un emulsionante, un recubrimiento en frutas o

verduras frescas y cortadas y como agente micro y nanoencapsulante para la liberación controlada de principios activos con diferentes funcionalidades (Mellinas, Ramos, Jiménez & Garrigós, 2020).

La pectina es el componente clave de la fruta responsable de la formación de un gel después del calentamiento y la adición de azúcares, por ello, se define generalmente como ácidos pectínicos solubles en agua con diferentes contenidos de éster metílico que son capaces de formar geles además de azúcar y ácido cuando se exponen a las condiciones correctas, debido a su excelente capacidad gelificante, la pectina es un ingrediente alimentario común. La pectina está formada por unidades de ácido D-galacturónico enlazadas de forma lineal, porque, las moléculas de pectina también contienen ramnogalacturonano, un azúcar neutro, que es responsable de dividir y causar torceduras en la cadena del ácido galacturónico, donde las sustancias pépticas son derivados complejos de carbohidratos coloidales que se encuentran en las plantas y contienen una gran proporción de unidades de ácido anhidro galacturónico (Narasimman & Sethuraman, 2016).

Las pectinas son polisacáridos complejos ramificados presentes en la pared celular primaria de las plantas, además es un ingrediente alimentario de gran valor que se utiliza habitualmente como agente gelificante y estabilizador, el cual, suele extraerse de las frutas mediante métodos químicos o enzimáticos. La pectina se considera la macromolécula más compleja de la naturaleza, ya que puede estar compuesta de hasta 17 monosacáridos diferentes que contienen más de 20 enlaces diversos. Las pectinas están enriquecidas con unidades repetidas de ácido galacturónico éster metílico, que forman tejidos esqueléticos de plantas químicamente estables y físicamente fuertes cuando se combinan con proteínas y otros polisacáridos. Por lo general, se producen en las etapas iniciales del crecimiento de la pared celular primaria y constituyen un tercio de la pared celular tanto en monocotiledóneas como en dicotiledóneas (Venkatanagaraju, Bharathi, Sindhuja, Chowdhury & Sreelekha, 2019).

La pectina es uno de los polisacáridos más importantes debido a su creciente demanda en el mercado global, por ello, han recibido una atención considerable como una dieta rica en fibra que beneficia la salud al reducir el colesterol y los niveles de glucosa sérica y actuar como agentes anticancerosos. Las pectinas han mostrado resultados prometedores como portadores de fármacos para la administración oral de fármacos y se utilizan ampliamente para diversas aplicaciones biomédicas, además, la pectina se ha descrito como un prebiótico emergente con la capacidad de modular la microbiota del colon, teniendo en cuenta las propiedades y aplicaciones anteriores, la pectina ha ganado una inmensa prioridad en el mercado mundial de biopolímeros con un gran potencial y oportunidades para desarrollos futuros.

La pectina es un heteropolisacárido complejo y un componente multifuncional importante de la pared celular en muchas plantas terrestres, que suele encontrarse en asociación con otros compuestos como celulosa, lignina o polifenoles presentes en la pared celular de las plantas. La pectina se compone principalmente de unidades de ácido galacturónico, donde los grupos carboxilo de los residuos de ácido urónico pueden estar presentes en diferentes formas en la estructura del polímero, ya sea libre o en forma de sal con sodio, calcio u otros contraiones pequeños, en algunos casos, también pueden estar presentes como grupos esterificados, particularmente con metanol, dependiendo de la fuente de pectina y/o el método de extracción (Mellinas et al., 2020).

1.2.2. Contexto histórico de la extracción de pectina

La producción de pectina comenzó en Alemania en 1908 cuando los productores de jugo de manzana comenzaron a cocinar el orujo de manzana seco, el principal subproducto de la fabricación del jugo de manzana. La pectina extraída se vendió como agente gelificante. La demanda era alta y en la década de 1930 el proceso fue industrializado por nuevas empresas en nuevos sitios industriales establecidos cerca de los productores de jugo de manzana. La producción comenzó poco después también en los Estados Unidos y continuó hasta principios de la década de 1990 cuando se trasladó

a México y Brasil, ya que la regulación ambiental de las plantas de pectina en los Estados Unidos se hizo considerablemente más estricta. El engorroso proceso hidrolítico ácido para aislar la pectina de la cáscara de los cítricos a escala industrial, de hecho, es uno de los ejemplos más reveladores de la obsolescencia de los procesos de extracción industrial (Ciriminna, Fidalgo, Delisi, Ilharco & Pagliaro, 2016).

Este proceso de extracción genera cantidades tan grandes de aguas residuales ácidas, que el alto costo para cumplir con los costos de eliminación impuestos en los Estados Unidos a principios de la década de 1990, obligó a los fabricantes (uno en California y el otro en Florida) a reubicar las plantas de producción de pectina en México. Las fábricas de extracción de pectina convencionales son generalmente caras y requieren una fuente cercana y a gran escala de materia prima, a saber, cáscara de cítricos seca u orujo de manzana. En estas condiciones, tal vez no sea sorprendente observar que el mercado de la pectina durante décadas ha estado fuertemente consolidado, con seis productores principales responsables de la mayor parte de la producción (Ciriminna et al., 2016).

1.2.3. Estructura y propiedades de la pectina

Una de las macromoléculas más abundantes presentes en la pared celular primaria de las plantas es la pectina; su presencia se detecta tanto en la matriz como en las laminillas medias. La pectina es muy rica en ácido galacturónico (GalA), que forma la columna vertebral de tres dominios más que se encuentran junto con la pectina, que son homogalacturonano (HGA), ramnogalacturonano-I (RG-I) y ramnogalacturonano-II (RG-II), donde aproximadamente el 70% de la pectina se compone principalmente de ácido galacturónico (GA), la pectina está hecha de tres polisacáridos que están unidos covalentemente, formando redes de pectina en la matriz de la pared celular y las laminillas medias (Venkatanagaraju et al., 2019).

El homogalacturonano (HG), ocupa alrededor del 60-65% de la pectina total, con una columna vertebral de residuos de GalA con enlaces alfa-1,4, estos residuos de GalA están esterificados con metilo, lo que tiene un

papel importante en las propiedades físicas de pectina. Se observa que la presencia de HG está presente en aproximadamente 100 residuos de ácido Galacturónico (GalA), pero hay casos en los que se detecta entremezclado con otro polisacárido de pectina. Por otro lado, la columna vertebral del ramnogalacturonano-I (RG-I), que aporta el 20-35% de la pectina, está compuesta por grupos repetidos y alternos de residuos de l -rhamnosilo y d -galacturonosilo. Puede haber tantas repeticiones como 300 de este disacárido en el caso de las células de sicomoro, que se cultivan en suspensión. Los residuos de ramosilo tienen cadenas laterales de azúcares que consisten principalmente en residuos de galactosilo o arabinosilo. El residuo de ácido Galacturónico (GalA) de ramnogalacturonano-I (RGI) a diferencia de Homogalacturonano (HGA) no está esterificado con metilo (Venkatanagaraju et al., 2019).

Rhamnogalacturonan-II (RG-II), es una de las estructuras complejas y altamente conservadas que constan de distintas regiones dentro de HG, que constituyen aproximadamente el 10% de la pectina, tienen cadenas laterales de cuatro tipos diferentes con un azúcar particular residuos como ácido acérico, ácido apiosa-3-desoxi-lixo-2-heptulosárico y ácido 3-desoxi-mano-2-octulosónico. Los residuos de HG junto con nueve de los residuos de GalA se unen a estas cadenas laterales. Hay otros residuos de HG sustituidos que componen la pectina como el xilogalacturonano y el apiogalacturonano cuya expresión es de restricción. Incluso una pequeña mutación en la estructura de R-II puede provocar defectos en el crecimiento de la planta como enanismo, lo que sugiere su importancia para el crecimiento normal de la planta.

Rhamnogalacturonan-I (RG-I), es de naturaleza altamente ramificada, por lo que se denomina región peluda de pectina, por otro lado, el dominio HGA se conoce como región lisa. En general, se cree y se observa que existe un enlace covalente dentro de los polisacáridos de pectina y se necesitan enzimas degradantes de pectina para separar y aislar HG, RG-I y RG-II entre sí. Debido a su similitud en la estructura de la columna vertebral de HG y RG-II que se compone de residuos de alfa-D-GalA enlazados 1-4, es

probable que estén enlazados covalentemente, pero no hay informes de que RG-I esté enlazado covalentemente con HG (Venkatanagaraju et al., 2019).

1.2.4. Propiedades de la pectina

1.2.4.1. Coloidal

La pectina se precipita como un gel sólido al tratarla con un agente deshidratante como el alcohol. Son extremadamente sensibles a la deshidratación y también se ven afectados por otros coloides hidrófilos, por lo que se sabe que son insolubles en la mayoría de los biocoloides. La carga negativa de la pectina depende del número de grupo carboxilo libre que es el principal responsable de su precipitación (Venkatanagaraju et al., 2019).

1.2.4.2. Solubilidad

En base a la solubilidad, las pectinas son de dos tipos, es decir, solubles en agua e insolubles en agua. Los factores que afectan la solubilidad de la pectina son el pH, la temperatura, la naturaleza del soluto y la concentración del soluto. La pectina alcanza estabilidad a un pH de 4. La solubilidad de la pectina también depende de su composición, ya que el catión monovalente de pectina es soluble en agua, mientras que las di o trivalentes son insolubles en agua (Venkatanagaraju et al., 2019).

1.2.4.3. Gelificación

Una de las propiedades más interesantes de la pectina es su capacidad para formar gel en presencia de ácido, calcio o azúcar, lo que permite su uso en muchas industrias alimentarias. Los enlaces de hidrógeno y las interacciones hidrófobas entre las cadenas de polímeros estabilizan el polímero de pectina (Venkatanagaraju et al., 2019).

1.2.5. Mecanismos de gelificación

Una de las principales características y atractivo de las pectinas es su capacidad para formar geles. El mecanismo de gelificación de las pectinas se rige principalmente por su grado de esterificación, por lo que el mecanismo de formación de gel es diferente para las pectinas HM y LM. El proceso de gelificación de las pectinas se ve afectado directamente por factores tanto extrínsecos como intrínsecos. Estos parámetros incluyen el grado de metilación, la distribución de carga a lo largo de la columna vertebral, el peso molecular medio, la fuerza iónica, la temperatura, el pH y la presencia de cosolutos (Lara, Carvajal, Balandrán, López & Rascón, 2018).

1.2.5.1. Pectinas HM

Tienen un grado de esterificación típicamente en un rango de 50 a 80% y requieren condiciones específicas para gelificar, como un pH bajo (2,5 a 3,5) y la presencia de sólidos solubles; principalmente sacarosa (55-75%) u otros co-solutos similares (p. ej., sorbitol, etilenglicol). La función del azúcar en la formación de geles es reducir la actividad del agua para estabilizar las zonas de unión al promover interacciones hidrofóbicas. El efecto de los azúcares depende específicamente de la geometría molecular del azúcar y de las interacciones con las moléculas de agua vecinas. Dicho gel se considera una red bidimensional de moléculas de pectina en la que se inmovilizan el disolvente (agua) con los co-solutos azúcar y ácido. Esto da como resultado un sistema que resiste la deformación y muestra una relación tensión-deformación para pequeñas deformaciones. Los geles de HM-pectina son térmicamente reversibles. En general, las pectinas HM son solubles en agua caliente y, a menudo, contienen un agente de dispersión como la dextrosa para evitar la formación de grumos (Lara et al., 2018).

1.2.5.2. Pectinas LM

Tienen menos del 50% de los grupos carboxilo totales están esterificados. Se gelifican independientemente del contenido de azúcar

y son químicamente más estables a la humedad y al calor que las pectinas HM. También son más resistentes al pH que las pectinas HM mencionadas anteriormente, y se pueden obtener geles en un amplio intervalo de pH. Las pectinas LM pueden gelificarse en presencia de cationes divalentes, generalmente calcio (Ca^{2+}) y este proceso de gelificación se puede revertir fácilmente agregando iones monovalentes como sodio (Na^{+}) y potasio (K^{+}). En estos sistemas, la gelificación se debe a la formación de zonas de unión intermolecular entre pares de grupos carboxilo en las regiones lisas homogalacturónicas de diferentes cadenas en estrecho contacto (Lara et al., 2018).

1.2.5.3. Pectinas feruladas

El ácido ferúlico es un componente de algunas familias de plantas, donde puede esterificarse a polisacáridos de la pared celular. La determinación del tipo y lugar de unión entre el ácido ferúlico y los polisacáridos se basa en el análisis de ésteres de carbohidratos de ácido ferúlico de bajo peso molecular obtenidos a partir de hidrolizados enzimáticos o químicos de las paredes celulares (Lara et al., 2018).

La familia Chenopodiaceae muestra ácido ferúlico asociado con fracciones pécticas en las paredes celulares. Los grupos de ácido ferúlico están unidos por éster con pectinas principalmente en la posición O-2 de los residuos de arabinosa y, en menor medida, en la O-6 de los residuos de galactosa en las cadenas laterales de rhamnogalacturonan I, donde el ácido ferúlico se distribuye casi por igual entre los componentes arabinan y galactano de las cadenas laterales de la pectina (Lara et al., 2018).

La importancia de estos compuestos fenólicos radica en su capacidad para reticular cadenas de polisacáridos mediante reacciones de dimerización, lo que lo convierte en un componente muy importante para la biología y fisiología de la pared celular, propiedades mecánicas en algunos tejidos, incluida la extensibilidad, la adhesión intercelular y el crecimiento celular. Además, se ha demostrado que la

cantidad de ácido ferúlico liberado durante la saponificación de las paredes celulares se correlaciona con la degradación microbiana y enzimática de los polisacáridos de la pared celular, y protege contra la invasión de patógenos (Lara et al., 2018).

1.2.5.4. Reticulación de pectinas feruladas

Es bien sabido que el ácido ferúlico está unido a polisacáridos como las pectinas en muchas plantas y que es posible formar geles a través del acoplamiento oxidativo. Estos ácidos fenólicos son componentes muy importantes para la biología de la pared celular, así como para su estructura, porque potencialmente pueden reticular cadenas de polisacáridos a través de una reacción de dimerización. La reticulación tiene lugar mediante la formación de un enlace covalente (principalmente C – C) entre dos anillos de fenilo ferulados que dan lugar a la formación de fenoxirradicales. Esta reacción de acoplamiento oxidativo está mediada por oxidación química o enzimática y la gelificación tiene lugar a temperatura ambiente en unos pocos minutos (Lara et al., 2018).

1.2.6. Fuentes para la obtención de la pectina

1.2.6.1. Fuentes tradicionales

La pectina se puede encontrar en casi todas las plantas, pero comercialmente la mayoría de las pectinas se obtienen de frutas cítricas como naranja, limones, toronjas y manzanas. Estos materiales contienen una gran cantidad de sustancias pépticas y se pueden encontrar disponibles como residuos de la producción de jugos. Sin embargo, el color puede ser diferente según la fuente de pectina, para uso técnico no es significativo (Lara et al., 2018).

Las frutas como el membrillo, las ciruelas, las grosellas contienen mucha más pectina en comparación con las frutas blandas como las cerezas, las uvas y las fresas. La pulpa de manzana seca contiene generalmente de un 15 a un 20% de pectina y la cáscara seca

de cítricos varía entre un 30 y un 35% de pectina. Otros niveles típicos de pectina en frutas como albaricoque, cerezas, naranja y zanahorias son 1%, 0,4%, 0,5–3,5% y 1,4%, respectivamente, en base al peso fresco, sin embargo, los criterios para la producción comercial no son solo el rendimiento, sino nuevas propiedades y aplicaciones (Lara et al., 2018).

1.2.6.2. Fuentes no convencionales

La búsqueda de nuevas fuentes de pectina parece muy prometedora. El uso de subproductos de desecho obtenidos de industrias se ha vuelto interesante para la extracción de pectina; aunque sin un uso comercial significativo, algunos ejemplos incluyen residuos de cabezas de girasol, desperdicios de mango, amaranto, orujo de aceituna y pulpa de remolacha azucarera (Lara et al., 2018).

En la remolacha azucarera tiene rendimientos de hasta 23% de pectina, dependiendo de las condiciones de extracción. Desde entonces, muchos estudios han seguido la caracterización del polisacárido. Sin embargo, la pectina de la remolacha azucarera tiene varias desventajas estructurales como fuente comercial de pectina. A pesar de su alto contenido de pectina, disponibilidad y costo relativamente bajo, la pectina de remolacha azucarera se usa poco como texturizante debido a su escasa capacidad de gelificación en comparación con la pectina de manzana y cítricos (Lara et al., 2018).

Otras fuentes potenciales de pectina son los residuos de la cabeza de girasol obtenidos tras la extracción del aceite, con propiedades gelificantes muy atractivas por su alto peso molecular y alto contenido de ácido galacturónico. Este tipo de pectinas puede contener de 3,3 a 5,0% de pectina de alto metoxilo soluble en agua y de 11,8 a 14,3% de pectina de bajo metoxilo insoluble. Además, otras tienen una calidad representativa de las pectinas en la pulpa de papa, un material de desecho de la industria del almidón de papa, pulpa de calabaza, pulpa de melocotón, (residuo de la industria del jugo) y semillas de linaza que muestran rendimientos y propiedades atractivos (Lara et al., 2018).

1.2.7. Aplicaciones de la pectina

La pectina es un compuesto versátil que se puede utilizar para desarrollar diferentes materiales en muchas aplicaciones alimentarias, como agente espesante y gelificante, estabilizador coloidal, texturizador y emulsionante. Estas importantes aplicaciones no se limitan al procesamiento de alimentos, sino también al envasado, recubrimientos en frutas o verduras frescas y cortadas y como agentes microencapsulantes. La pectina es soluble en agua pura e insoluble en disolventes orgánicos, además, cuando la pectina seca se mezcla con agua, tiende a hidratarse muy rápidamente, formando grumos, donde este comportamiento se debe a la formación de esferas secas de pectina contenidas en un revestimiento exterior altamente hidratado y para eliminar estos grumos, se requiere un tiempo de agitación largo y vigoroso (Mellinas et al., 2020).

La pectina, que es un gran complejo inerte, biodegradable y biocompatible, se utiliza ampliamente en diversos campos, como los textiles, la industria alimentaria, como agentes gelificantes, productos farmacéuticos y otros productos. La pectina se utiliza como biomateriales en la administración de genes, aplicación en la administración oral de fármacos, como recubrimiento comestible para el envasado de alimentos, producción de biomasa y biorefinería. También tiene aplicaciones en la ingeniería de tejidos como andamios, en la industria papelera y textil para la preparación de membranas de ultracentrifugación (Venkatanagaraju et al., 2019).

La protopectina es una sustancia que se encuentra en las paredes celulares de las plantas a partir de las cuales se crea la pectina, donde a diferencia de la pectina, la protopectina es insoluble en agua debido al hecho de que todos sus grupos carboxilo están esterificados con metanol. La hidrólisis enzimática de la protopectina dentro de la planta producirá ácidos pectínicos que conducen al ablandamiento y maduración de los frutos durante los cuales la protopectina se convierte en pectina soluble en agua. Los ácidos pectínicos son unidades de ácido poligalacturnónico que contienen más de un número mínimo de grupos metoxilo. Los ácidos pectínicos también contienen azúcares neutros como arabinosa, galactosa, ramnosa y xilosa, por ello, es

una sustancia profiláctica natural que se utiliza como agente desintoxicante (Narasimman & Sethuraman, 2016).

En términos generales, las soluciones de pectina diluidas presentan un comportamiento newtoniano, pero a altas concentraciones muestran un comportamiento no newtoniano, correspondiente a características pseudoplástica, donde se observa que la disminución de la solubilidad y el aumento de la viscosidad contribuyen a aumentar la capacidad de gelificación, es decir, la concentración de pectina tiene un efecto positivo en la capacidad de gelificación y la viscosidad pero un efecto negativo en la solubilidad. Aunque se indicó que las propiedades de la pectina dependen principalmente de la estructura, particularmente de que también deben considerarse las propiedades de formación de película, gelificante y emulsionante (Mellinas et al., 2020).

1.2.7.1. Aplicación de la pectina en productos alimenticios

La pectina es uno de los principales componentes naturales de la alimentación humana y se ha utilizado ampliamente como agente gelificante para mermeladas y jaleas. En el procesamiento de mermeladas, las frutas se cocinan adecuadamente para liberar jugo y pectina que convierte la protopectina en pectina soluble. Las pectinas también se utilizan como sustituto del azúcar en mermeladas que se elaboran sin azúcar, utilizando pectina LM (bajo metoxi) debido a su estabilidad en condición ácida. La pectina se usa ampliamente para hacer jaleas instantáneas para la producción de panadería, estas se hacen con el uso de pectina HM (alto metoxi) que son térmicamente estables, la única diferencia entre la pectina HM y LM es la cantidad de pectina en la fórmula, LM requiere una mayor cantidad que la de HM. Otros productos alimenticios, como las cerezas artificiales, se utilizan para hacer diferentes tipos de pudines de gel que están hechos de pectina presente en el jarabe de frutas y la leche fría. El recubrimiento comestible de material alimenticio también está hecho de pectina, La pectina se utiliza en bebidas como agente enturbiador de bebidas, como en los refrescos para diabéticos y también se utilizan en la preparación

de frutas del yogur para hacerlo más suave y obtener la textura de gel parcial (Venkatanagaraju et al., 2019).

1.2.7.2. Aplicación de la pectina en la biomédica

La mezcla de polímeros naturales y sintéticos es una de las áreas de desarrollo prometedoras, esto da un nuevo material polimérico con mejor durabilidad y resistencia. Materiales como esponjas, hidrogeles, fármacos encapsulantes, etc. son producidos por películas de polímero. Debido al desarrollo y descubrimiento de polímeros naturales, los científicos han comenzado a formar material de base biológica en lugar de uno sintético debido a sus propiedades fisicoquímicas como la biodegradabilidad, este cambio se debe principalmente a los problemas ambientales y la preocupación por el uso intensivo de plástico, donde las películas de pectina con glicerol y ácido láctico para evitar la contaminación por hongos en las películas laminadas (Venkatanagaraju et al., 2019).

1.2.7.3. Aplicación de la pectina en medicamentos

En el caso de sistemas de administración de fármacos, se prefiere el uso de polímeros naturales sobre los otros tipos debido a su naturaleza inerte y su biocompatibilidad. La pectina como polímero natural es un nuevo interés desarrollado para la aplicación de administración de fármacos debido a sus propiedades de formación de gel en condiciones ácidas, su mucoadhesividad y su capacidad para disolverse en un entorno básico. Estas propiedades de la pectina se aplican de diferentes maneras, como la mucoadhesividad ayuda a dirigir y controlar la administración del fármaco, especialmente en el entorno nasal y gástrico, donde su capacidad para disolverse en condiciones básicas ayuda a la liberación de fármacos relacionados con el colon y a la formación de El gel ayuda a aumentar el tiempo de contacto del fármaco en condiciones gástricas, debido a que el uso de pectina LM para la administración nasal de fármacos debido a su propiedad

mucoadhesiva, tienen tendencia a unirse a la mucina con la ayuda del enlace de hidrógeno (Venkatanagaraju et al., 2019).

1.2.7.4. Aplicación de la pectina en genes y nanopartículas

El tratamiento de cualquier trastorno genético se denomina terapia génica, ya que se ocupa de los genes defectuosos que son responsables del trastorno; estos se tratan reemplazando el gen defectuoso, silenciando la expresión génica no deseada o sustituyendo los genes faltantes y se llevan a cabo con la ayuda de vectores virales o no virales. Se prefiere el uso de vectores no virales a los virales por muchas razones como la biocompatibilidad, la toxicidad mínima y las reacciones inmunogénicas de nuestro organismo. Estos vectores no virales están hechos de polímeros de poliacrilónico, quitosano o incluso pectina. La pectina también se ha utilizado como material de apósito para heridas en forma de nanopartículas basadas en pectina-quitosano, debido a que tiene la capacidad de crear un ambiente ácido en el que las bacterias no pueden crecer (Venkatanagaraju et al., 2019).

1.2.7.5. Aplicación de andamios a base de pectina

Los andamios son biomateriales 3-D que son de naturaleza porosa y están diseñados para ser aplicados en varios campos, algunas de sus funciones básicas son promover la adhesión celular, permitir el transporte de suficientes nutrientes y gases y principalmente para la ingeniería de tejidos. La ingeniería de tejidos implica principalmente el uso de materiales de andamios biocompatibles para que actúen como matriz de soporte o como sustrato para la administración de algunos compuestos. Se ha realizado una gran investigación para promover las reconstrucciones de tejidos a base de pectina para su uso en ingeniería de tejido óseo, debido a que permite fabricar un andamio de biopolímero de pectina y otros compuestos utilizando la técnica de liofilización, por lo que se sugirió el uso de pectina como matriz polimérica ideal para la ingeniería de tejidos (Venkatanagaraju et al., 2019).

1.2.8. Extracción de pectina

La pectina también se ha extraído de la biomasa residual mediante el uso de métodos innovadores, lo que contribuye a la gestión de residuos en las industrias de procesamiento de alimentos y agricultura. Se pueden utilizar diferentes fuentes de pectina, como subproductos de la fabricación de jugos, así como cáscaras y semillas de naranja, mango, plátano, lima y granada. Por lo tanto, esta revisión tiene como objetivo presentar y discutir el potencial de la pectina como material biológico en aplicaciones de envasado de alimentos mediante su extracción eficiente de la biomasa residual, al tiempo que aborda una solución a los importantes problemas ambientales causados por la eliminación de residuos y subproductos. en el sector alimentario (Mellinas et al., 2020).

Las pectinas comerciales se producen principalmente por extracción ácida de orujo de manzana y cáscara de cítricos, debido a que este tipo de pectina es un subproducto de la industria del jugo de frutas. Se sabe que la pectina es un material sensible al calor, por lo que la temperatura se controla estrictamente durante la extracción para obtener un producto de la más alta calidad posible. La materia prima (orujo o cáscara) se seca después de extraer el jugo para evitar el crecimiento de bacterias o moho, donde se sabe que las enzimas producidas por bacterias y mohos producen las enzimas pectina metilesterasa y poligalacturonasa, ya que, estas enzimas pueden trabajar dentro de la cadena de pectina (endoenzimas) o pueden eliminar unidades de ácido poligalacturónico de los extremos de las cadenas de pectina que son exoenzimas (Narasimman & Sethuraman, 2016).

La pectina metilesterasa fúngica ataca el enlace entre el metanol y los grupos carboxilo en la pectina, ya que, la enzima desesterifica las unidades de ácido poligalacturónico en grupos, lo que hace que la pectina resultante sea mucho más sensible al calcio a pesar del grado de esterificación. Ambos tipos de degradación enzimática pueden tener lugar en el transcurso de unas pocas horas. Estas enzimas también se extraen y producen comercialmente para obtener pectinas con un peso molecular específico o grado de esterificación. Las pectinas tienen un enlace complementario con los

productos lácteos y pueden utilizar el suero como fuente de calcio, mejorando sus capacidades innatas de gelificación, emulsificación y la capacidad de producir espumas estables (Narasimman & Sethuraman, 2016).

1.2.9. Métodos de extracción de pectina

De acuerdo con Sandarani (2017), los métodos de extracción son varios, pero se tiene los más utilizados o los principales, como el método convencional consta de dos pasos principales, la hidrólisis de proto-pectina en pectina utilizando ácidos y, posteriormente, la precipitación con etanol. Sin embargo, los tratamientos ácidos tienen varios inconvenientes, debido a que los métodos novedosos como la extracción asistida por microondas, la extracción enzimática, la extracción de agua supercrítica y la extracción por ultrasonidos se han vuelto más populares, mientras que, la extracción asistida por microondas presenta una gran capacidad de manipulación, un tiempo de procesamiento corto y una buena pureza y la extracción enzimática presenta condiciones suaves, bajo consumo de energía y sin contaminación.

1.2.9.1. Extracción ácida de pectina

Es cuando la pectina se extrae mediante métodos químicos para examinar las características estructurales y las propiedades funcionales de la pectina. Los agentes químicos utilizados para la extracción de pectina se dividen en cuatro grupos: agua y tampones, quelantes de iones de calcio, ácidos y bases. Los ácidos son los agentes extractores más fuertes de pectina, ya que facilitan la extracción de pectina insoluble que está fuertemente unida a la matriz celular del material vegetal y dan como resultado rendimientos más altos. La pectina generalmente está enriquecida en ácido galacturónico. Varios estudios han demostrado los efectos de la concentración de los extractores ácidos sobre el rendimiento de pectina, las características químicas y / o fisicoquímicas. Los ácidos más utilizados son los ácidos acético, cítrico, láctico, málico, tartárico (orgánico), clorhídrico, nítrico, oxálico, fosfórico y sulfúrico (Sandarani, 2017).

Donde un aumento en la fuerza del ácido (es decir, la disminución del pH) juega un papel importante en el aumento del contenido de ácido galacturónico. Además, el tipo de ácido y la concentración afectan el rendimiento, las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la pectina, por el contrario, algunos de los resultados de los estudios son contradictorios. El ácido clorhídrico demostró ser el mayor rendimiento de pectina entre el ácido clorhídrico, nítrico y cítrico extraído de la piel de guayaba, frutas cítricas, plátano y mazorcas de cacao. El pH y la temperatura variaron de 1 a 3 y de 60 ° C a 85 ° C en secuencia. Presencia de alta concentración de iones de hidrógeno, estimula la hidrólisis de pectina a partir de proto pectina (Sandarani, 2017).

Los ácidos de mayor fuerza iónica tienen una capacidad mejorada para precipitar pectina debido a su mayor afinidad por cationes como Ca^{2+} que estabiliza la molécula de pectina. Sin embargo, el ácido clorhídrico produjo pectina con un rango de DM más pequeño en el que la pectina LM. En medios ácidos calientes, la pectina se puede degradar rápidamente debido a su alta labilidad y sensibilidad al ácido. Por lo tanto, la pectina extraída con ácido caliente es poco metoxilada debido a la desmetilación y fragmentación de la cadena poligalacturónica. Además, la pectina LM se encuentra en un amplio rango de pH, como máximo hasta pH 6 (Sandarani, 2017).

1.2.9.2. Extracción asistida de pectina por microondas

La extracción asistida por microondas implica el calentamiento dieléctrico de moléculas vegetales mediante la exposición de microondas. La rotación dipolar del agua se produce debido a la absorción de la energía de microondas, lo que conduce a la generación de calor dentro de los tejidos de la fruta. La extracción asistida por microondas (MAE) ha sido investigada recientemente por muchos investigadores y encontró que puede conducir a un aumento considerable en el rendimiento y la calidad de la pectina extraída. Cuando las cáscaras de una fruta se someten a radiación de

microondas, se inactiva la enzima pectina esterasa y se destruyen las células de la piel de naranja debido a la rápida generación de calor en el entorno de microondas. Dado que la pectina esterasa interactúa con las sustancias pécticas de las cáscaras de naranja y reduce su solubilidad, su inactivación mejora la extracción de pectina. Además, debido a la desintegración de las células del parénquima, también aumenta la superficie específica, lo que facilita la capacidad de absorción de agua de la célula vegetal. Se ha utilizado para reducir el tiempo y la energía de extracción (Sandarani, 2017).

Cuando se ha incrementado el rendimiento de pectina de potencia de microondas debido al aumento de energía de irradiación de microondas, la penetración del disolvente en la matriz de la planta puede mejorarse y puede administrarse eficientemente a las células vegetales para la extracción de pectina. La interacción molecular con el campo electromagnético ofrece una rápida transferencia de energía al disolvente y la matriz, lo que permite la disolución de los componentes a extraer. Como solvente polar, el agua puede absorber eficientemente la energía de microondas y conduce a un calentamiento eficiente. Además, la irradiación de microondas acelera la ruptura celular por el aumento repentino de la temperatura y el aumento de la presión interna dentro de las células de la muestra vegetal, lo que promueve la destrucción de la superficie de la muestra y, a su vez, convierte la exudación de pectina dentro de las células vegetales en los disolventes circundantes y aumenta (Sandarani, 2017).

El aumento de la energía de irradiación de microondas puede mejorar la penetración del solvente en la matriz de la planta y entregar eficientemente los materiales a través de la interacción molecular con el campo electromagnético y ofrecer una rápida transferencia de energía al solvente y la matriz, permitiendo la disolución de los componentes a extraer. El agua puede absorber eficientemente la energía de microondas y conduce a un calentamiento eficiente ya que es un solvente polar. Además, la irradiación de microondas acelera la ruptura

celular por un aumento repentino de la temperatura y el aumento de la presión interna dentro de las células de la muestra de la planta, lo que promueve la destrucción de la superficie de la muestra y, a su vez, convierte la exudación de pectina dentro de las células de la planta en los disolventes circundantes y aumenta el rendimiento de extracción (Sandarani, 2017).

1.2.9.3. Extracción enzimática

La pared celular vegetal está compuesta por una red entrelazada de diferentes polisacáridos, incluida la pectina. Las enzimas que degradan la pared celular con una actividad pectinolítica mínima se utilizan para hidrolizar los componentes de la pared celular de las plantas que no son pectina en la extracción enzimática de la pectina. La extracción enzimática de pectina es segura para el medio ambiente y más eficaz en términos de rendimiento de pectina. En la extracción se han utilizado enzimas diferentes como poligalacturonasa, hemicelulosa, proteasa y enzimas mixtas microbianas, celulosa, α -amilasa, cellulasto, alcalasa y α -amilasa y neutrasa, xilasa, celulosa, b-glucosidasa, endopoligalacturonasa y pectinesterasa. capacidad para degradar la pectina y modificar las propiedades fisicoquímicas (Sandarani, 2017).

1.2.10. Actividad de las enzimas en extracción de las pectinas

1.2.10.1. Enzima celulasa

La enzima celulasa se ha utilizado para el aislamiento de pectina de raíces y ha mostrado efectos positivos hacia la hidrolización de la celulosa de la pared celular y la liberación de pectina de la pared celular. El uso de la celulasa condujo al mayor rendimiento y contenido de ácido poli galacturónico (PGA) en la pectina extraída debido a la degradación de la matriz de celulosa. Además, la pectina se extrajo utilizando un complejo enzimático que contenía celulasa y que ha dado el rendimiento más alto (14% en peso seco) debido a la degradación de la matriz de celulosa y otros constituyentes insolubles de la pared celular de la planta.

Por el contrario, se cree que tiene actividad pectinesterasa, lo que podría tener un efecto sobre el grado de esterificación (Sandarani, 2017).

1.2.10.2. Enzima poligalacturonasa

Se ha utilizado poligalacturonasa para extraer pectina se ha observado un gran rendimiento en rendimiento lo que indica una mayor afinidad de la enzima PGI por este sustrato. El rendimiento de pectina es de un 20% y un 60% mayor que con la extracción química. Estos valores indican que es un mejor sustrato para la extracción enzimática de pectina, donde la enzima comercial utilizada se origina a partir de una cepa seleccionada tiene actividades mixtas de pectinasa, pectinesterasa y poligalacturonasa (Sandarani, 2017).

II. MÉTODOS Y MATERIALES

2.1. Tipo de Investigación

Investigación Experimental.

2.2. Método de Investigación

Método de Investigación Cuantitativo.

2.2.1. Variable de la fase explicativa

Variables independientes: Tiempo de exposición con microondas (2, 4, 6, 8, 10 y 12 minutos) y pH (1.3 y 1.7).

Variables dependientes: Porcentaje de rendimiento de pectina

2.3. Operacionalización de Variables

Tabla 1.
Operacionalización de variables

Variables	Subvariables	Indicador	Índice
V.I Extracción ácida de pectinas asistida con microondas	Determinantes de Elaboración	pH	1.3 y 1.7
		Minutos	2, 4, 6, 8, 10 y 12
V.D Caracterización de la pectina a partir de la manzana (<i>Pyrus malus L.</i>)	Características físicas - químicas	Se realizó pruebas físico – químicas en laboratorio para la extracción de pectinas.	% Rendimiento
			% Cenizas
			% Humedad
	Determinante de óptimo tratamiento	Para determinar el tratamiento indicado se realizó un análisis de varianza	Coeficiente de varianza (%)

2.4. Diseño de contrastación

El diseño es experimental. En este caso la variable independiente tomó diferentes valores en forma creciente, y se midió su efecto sobre el rendimiento de pectina expresado en porcentaje de pectina obtenida. Para tal fin primero se acondicionó los residuos de manzana extraídos después se sacó el jugo a las manzanas frescas. Estos residuos se secaron y se molieron para obtener el residuo en forma de polvo, que se guardó para los respectivos ensayos. Cada tiempo de exposición con el microondas ensayado se repitió tres veces y se realizó el análisis de varianza estableciendo si existe o no influencia sobre el rendimiento de pectina.

2.4.1. Factores y Niveles

En el presente estudio se procedió los factores A y B de tiempo de extracción de pectina en el microondas y pH de inactivación enzimática, donde se evaluó las características físico – químicas. Fue usado un diseño factorial de 3x3, se tiene dos variables independientes con 3 niveles cada uno en Tabla 01.

Factor A que corresponde al tiempo de extracción de pectina en el microondas

A1: 2 minutos; A2: 4 minutos; A3: 6 minutos; A4: 8 minutos; A5: 10 minutos; A6: 12 minutos

Factor B que corresponde al pH de inactivación enzimática

B1: 1.3; B2: 1.7

2.4.2. Tratamientos

Los tratamientos de estudio, fueron el resultado de combinar el tiempo de extracción de pectina en el microondas (2, 4, 6, 8, 10 y 12 minutos) con el pH (1.3 y 1.7). Como producto de la combinación se obtuvo 12 tratamientos y 3 factores de estudios, con tres repeticiones cada uno para obtener 36 tratamientos, para cada característica físico – químicas.

Tabla 02*Tratamientos*

TRATAMIENTOS	FACTORES	
T1	A1	B1
T2	A1	B2
T3	A2	B1
T4	A2	B2
T5	A3	B1
T6	A3	B2
T7	A4	B1
T8	A4	B2
T9	A5	B1
T10	A5	B2
T11	A6	B1
T12	A6	B2

2.5. Población, muestra y muestreo

2.5.1. Población

La población para esta investigación fueron las manzanas producidas en la región Lambayeque (*Pyrus malus L.*), adquiridas en el mercado Moshoqueque, Chiclayo.

2.5.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por 20 kilos de manzanas (*Pyrus malus* L), para obtener residuos (después de la extracción del jugo), secarlos y molerlos para realizar los ensayos.

2.5.3. Muestreo

Para la selección de la muestra, se utilizó un muestreo no probabilístico - opinático, porque no se hará uso de una fórmula estadística con la cantidad de la población (Sánchez y Reyes, 2015). Para determinar e identificar los elementos y la cantidad de estos que deben tener características representativas y necesarias para la recolección de datos, además, se tomarán en cuenta ciertos criterios para la selección de los elementos para el estudio.

2.6. Técnicas, instrumentos, equipos y materiales de recolección de datos

2.6.1. Técnica

Para recolectar la información se usó la técnica de la observación, pesaje y medición de pH, de la cual se puede apreciar que el problema de los residuos de las cáscaras de manzanas y que se puede dar una utilidad beneficiosa a partir de ella como la obtención de pectina, pero reduciendo los tiempos de extracción, y también haciendo uso de fuentes secundarias como tesis, artículos que contienen este tipo de información de interés.

2.6.2. Instrumento

Cuadros, registro en Excel, libreta de anotaciones, probeta, pipeta, matraz de Erlenmeyer, vasos precipitados.

2.6.3. Equipos

En esta investigación se hizo uso de múltiples equipos, los cuales sirvieron para realizar cada uno de los experimentos necesarios, dentro de los principales se cuenta el uso de:

- Secador de bandeja
- Microondas
- Mortero
- Refrigeradora
- Balanza analítica
- Termómetro
- pH-metro.

2.6.4. Materiales

En este estudio se tomó materiales para realizar todo el proceso necesario dentro de la investigación, como los materiales teóricos y los materiales del experimento dentro de los cuales se tienen algunos líquidos:

- ácido fosfórico
- alcohol 96°GL
- agua destilada
- manzanas

2.7. Procesamiento y análisis de datos

El trabajo de investigación se realizó la determinación la influencia de temperatura, tiempo, pH en las características físico – químicas para la obtención de pectina con el uso del microondas, la cual se detalla la extracción en residuos de cáscaras de manzanas a continuación:

2.7.1. Proceso de obtención de pectina a partir de la cáscara de manzana.

A continuación, se muestra el diagrama del proceso de pectina de las cáscaras de manzanas.

2.7.1.1. Materia prima

Las manzanas fueron seleccionadas de forma manual y visual, con el propósito de evidenciar que no existan agentes contaminantes u hongos que puedan afectar en el proceso de obtención de pectina.

Figura 1

Manzanas Pyrus malus L.



2.7.1.2. Lavado y desinfectado

Proceder a lavar bien, para eliminar las impurezas y restos de pulpa que hayan quedado, posteriormente desinfectar la fruta con hipoclorito de sodio al 0.1% para eliminar la mayor cantidad de bacterias.

Figura 2

Lavado de las Manzanas Pyrus malus L.



Figura 3

Desinfectado de las Manzanas Pyrus malus L



2.7.1.3. Pelado

Pelar las manzanas separando la pulpa y así obtener los residuos de manzanas (*Pyrus Malus L.*) que serán utilizadas para la obtención de pectina.

Figura 4

Pelado de las Manzanas Pyrus malus L



2.7.1.4. Escaldado

Los trozos de las cáscaras de manzanas se sumergen 500 g. por litro de agua por un periodo de tiempo de 10 minutos a 90°C en agua. Esta técnica se realiza para extraer más fácilmente la pectina y eliminar suciedades presentes.

Figura 5

*Escaldado de las Manzanas *Pyrus malus* L*



2.7.1.5. Secado

Después de lavar, desinfectar y escaldar la muestra es necesario reducir la humedad de la misma, para ello la muestra es llevado a una estufa por 24 horas a una temperatura de 50°C.

Figura 6

Secado de muestra en estufa



2.7.1.6. Triturado

Los orujos de manzana se dividen en pequeños pedazos para aumentar la superficie de contacto con la muestra.

Figura 7

Muestra triturada de orujo de manzana



2.7.1.7. Extracción ácida

Se pesó 8 gramos de producto para cada ensayo, luego con agua destilado en una relación de 1: 50 (peso: volumen) se ajustó el pH con ácido fosfórico con una concentración de 1M hasta un pH (1.3 y 1.7), determinado con un medidor de pH digital, calentando posteriormente en microondas, manteniendo una temperatura de 90° C (parámetro que se utilizará en las pruebas), con la finalidad de hidrolizar la proto pectina que al mismo tiempo se divide en sustancia de pectina soluble (pectina en sí misma), en diferentes tiempos (2, 4, 6, 8, 10 y 12 minutos).

Figura 8

Pesaje de orujo de manzana para cada ensayo

**Figura 9**

Muestra de producto en agua destilada



Figura 10

Ajustando pH a muestra con ácido fosfórico

**Figura 11**

Calentando muestra a temperatura de 90°C



Figura 12

Utilización de microondas a diferentes tiempos



2.7.1.8. Filtrado

El filtrado de la solución resultante se hizo con una tela de tocuyo para separar restos de bagacillo que hayan quedado en la pectina.

Figura 13

Muestra filtrada



2.7.1.9. Precipitado

La precipitación se realizó en una probeta con la solución filtrada y con alcohol de 96° GL en una relación de 1: 1 (líquido: líquido), se agita y se deja reposar hasta lograr la separación.

Según Véliz (1984), para producir un producto satisfactorio de pectina se recomienda el uso de alcohol, pues este logra remover todos los constituyentes solubles tales como la materia prima colorante, los ácidos esenciales, azúcares, etc. Además, el etanol presenta ventajas tales como relativo bajo costo, sustancia no tóxica y es posible recuperarlo de la solución por técnicas como la destilación para reutilizarlo, que es como se hace a nivel industrial para pectinas de origen cítricos y de manzanas.

Figura 14

Muestra filtrada añadiéndose alcohol para precipitación



Figura 15*Separación de muestra***2.7.1.10. Secado**

Debido a que la temperatura afecta a la dimetilación y las características del producto, no debe secarse la pectina a altas temperaturas. En el proceso de secado de la pectina se dejó al aire libre por un tiempo de dos (02) días, con la finalidad de no oscurecer la muestra.

2.7.1.11. Molienda

Para reducir el tamaño de las partículas y obtener un polvo fino, se utilizó el mortero para triturar la pectina ya seca.

2.7.1.12. Pectina

La pectina ya obtenida debe almacenar en un lugar seco.

2.8. Análisis de Información

El proceso de hidrólisis ácida se realizó con 8 gramos de materia triturada, empleando ácido sulfúrico concentrado. La extracción de pectina por microondas se ejecutó a 90°C en un pH (1.3 y 1.7) a diferentes tiempos (2, 4, 6, 8, 10 Y 12 minutos). El proceso de precipitación se efectuó con etanol comercial de 96% de pureza con 3 minutos de agitación y 30 minutos de reposo, se consideró un valor del 50% respecto a la solución de pectina.

Tabla 03

Condiciones generales de extracción de pectina en cáscaras de manzanas (Pyrus malus L.)

Condición	Variable
Peso de materia triturada (g)	8.00
Proporción	50:1
solvente: materia prima	
Temperatura de extracción	90°C
% Etanol respecto a la solución de pectina (Vol.)	50%
pH	1.3 – 1.7
Tiempo de extracción (min)	2 – 4 – 6 – 8 – 10 - 12

Nota. Elaboración propia

2.8.1. Rendimiento

Se precisa la relación de pesos en gramos de la pectina y las cáscaras de manzanas utilizadas.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{pectina obtenida (g)}}{\text{cáscaras de manzanas (g)}} * 100$$

2.8.2. Contenido de Humedad

Método que se utilizó para hallar el porcentaje de humedad es por secado en estufa, ya que este es un método convencional, conveniente y preciso y se ha trabajado con sustancias sólidas como la pectina. Este método consiste en una reducción de peso debido a la eliminación y/o evaporación del agua de la sustancia a evaluar. La materia seca que permanece en el alimento posterior a la remoción del agua (conocida como “llenado barato”) se conoce como sólidos totales, siendo estos resultados de humedad un factor de calidad importante.

Para ello se pesó la placa PETRI anotando su peso y tarar, agregar la muestra de pectina de 1 gramos, pesar, luego dejar en la estufa por 4 horas a una temperatura de 105°C, enfriar en el desecador por 25 minutos, pesar y repetir el análisis de acuerdo a la muestra que se desea.

$$\% H = \frac{(q - p) - (r - p)}{(q - p)} * 100$$

Donde:

p: peso de la placa vacía y seca

q: peso de la placa con muestra húmeda

r: peso de la placa con muestra seca

2.8.3. Contenido de cenizas

Las cenizas constituidas por el residuo inorgánico que queda después que la materia orgánica se ha quemado, siendo este un análisis conveniente para detectar adulteraciones y/o contaminaciones.

Pesar una cantidad exactamente conocida de 1 g. de pectina, colocarla en un crisol de porcelana previamente preparado. Calentar suavemente con mechero y en cabina hasta fin de desprendimiento de humos. Color el crisol en la mufla a 600°C durante 4 horas. Retirar el crisol de la mufla, dejarlo enfriar ligeramente y luego colocarlo en el desecador con cloruro de calcio como

agente para controlar la humedad. Completar ahí el enfriamiento y luego pesar. Completar ahí el enfriamiento y luego pesar. Expresar el contenido de cenizas totales en términos de p/p en base húmeda, es decir, gramos de cenizas totales en 100 gramos de pectina.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(r - p)}{(q - p)} * 100$$

Donde:

p: masa del crisol vacío

q: masa del crisol con muestra seca

r: masa del crisol y la muestra calcinada

III. RESULTADOS

3.1. De acuerdo a lo planteado de los objetivos se evaluó el efecto de la asistencia con microondas en la etapa de extracción ácida de pectina a partir de los residuos industriales de manzanas.

Los resultados del contenido de cenizas a diferentes tiempos de extracción en el microondas, se observaron en la Tabla 6 y Tabla 7 respectivamente.

El contenido de cenizas varía entre 0.23% hasta 1.43%, lo cual demuestra la cantidad de sólidos solubles en la selección de muestra, siendo el tratamiento A1B2 el más bajo y el tratamiento A6B1 el más alto.

Se apreció en la Figura 19 y Figura 20 que a menor pH en extracción ácida y mayor tiempo de exposición en el microondas, la cantidad de contenido de cenizas aumenta ligeramente.

Los resultados del contenido de humedad a diferentes tiempos de extracción que se observan en la Tabla 8 y Tabla 9 respectivamente, con extracción ácida (1.3 y 1.7).

En la Figura 21 y Figura 22 se observaron valores de 1.57 a 6.73%, siendo el más bajo de 1.57% con el tratamiento A6B1 (pH 1.3 y con 12 minutos de extracción) y el más alto con el tratamiento A1B2 (pH 1.7 y con 2 minutos de extracción).

Tabla 4

Efecto de la asistencia con microondas obtenida con extracción ácida de 1.3 a diferentes tiempos de extracción para obtención de pectina

Parámetros	N° de Muestra	% Rendimiento	% Humedad	% Cenizas
T (90°C)	1	4.69%	6.10%	0.40%
pH (1.3)	2	4.68%	6.30%	0.30%
2 minutos	3	4.65%	6.10%	0.30%
T (90°C)	4	5.87%	5.20%	0.60%
pH (1.3)	5	5.81%	5.20%	0.40%
4 minutos	6	5.86%	5.30%	0.50%
T (90°C)	7	6.39%	4.50%	0.70%
pH (1.3)	8	6.31%	4.30%	0.80%
6 minutos	9	6.37%	4.50%	0.70%
T (90°C)	10	7.10%	3.70%	0.80%
pH (1.3)	11	7.14%	3.50%	1.03%
8 minutos	12	7.04%	3.80%	0.90%
T (90°C)	13	10.03%	1.90%	1.00%
pH (1.3)	14	10.01%	2.00%	0.90%
10 minutos	15	10.07%	2.00%	1.00%
T (90° C)	16	10.83%	1.60%	1.50%
pH (1.3)	17	10.86%	1.50%	1.38%
12 minutos	18	10.81%	1.60%	1.40%

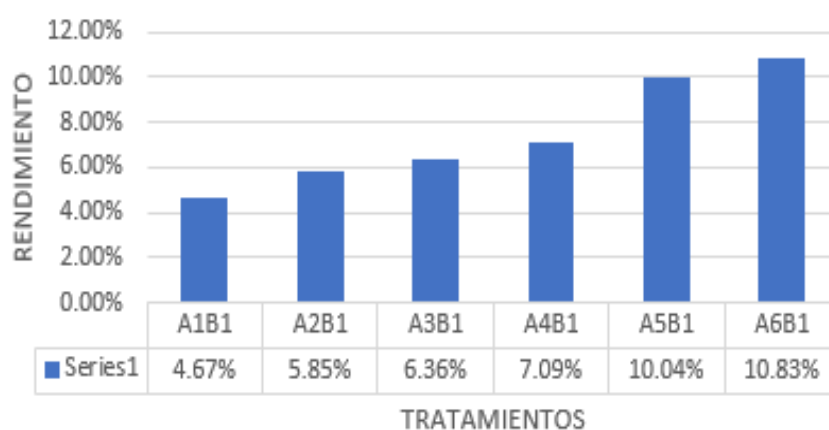
Tabla 5

Efecto de la asistencia con microondas obtenida con extracción ácida de 1.7 a diferentes tiempos de extracción para obtención de pectina

Parámetros	N° de Muestra	% Rendimiento	% Humedad	% Cenizas
T (90°C)	1	3.74%	6.60%	0.30%
pH (1.7)	2	3.69%	6.80%	0.20%
2 minutos	3	3.73%	6.80%	0.20%
T (90°C)	4	4.92%	5.80%	0.40%
pH (1.7)	5	4.88%	5.70%	0.40%
4 minutos	6	4.89%	5.70%	0.30%
T (90°C)	7	6.34%	4.90%	0.50%
pH (1.7)	8	6.31%	4.70%	0.70%
6 minutos	9	6.37%	4.90%	0.60%
T (90°C)	10	7.41%	3.90%	0.70%
pH (1.7)	11	7.38%	3.70%	0.80%
8 minutos	12	7.46%	3.80%	0.70%
T (90°C)	13	9.14%	2.20%	0.90%
pH (1.7)	14	9.05%	2.20%	0.80%
10 minutos	15	9.09%	2.10%	0.90%
T (90° C)	16	9.52%	1.80%	1.10%
pH (1.7)	17	9.48%	1.50%	1.10%
12 minutos	18	9.58%	1.90%	1.10%

Figura 16

Valores promedio de Rendimiento de pectina vs Tratamientos obtenidos con pH 1.3 a diferentes tiempos de extracción

**Figura 17**

Valores promedio de Rendimiento de pectina vs Tratamientos obtenidos con extracción ácida de 1.7 a diferentes tiempos de extracción en microondas

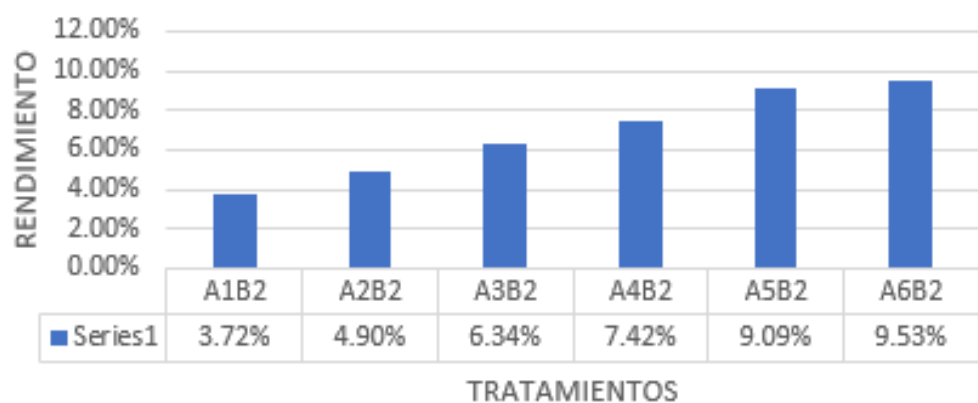
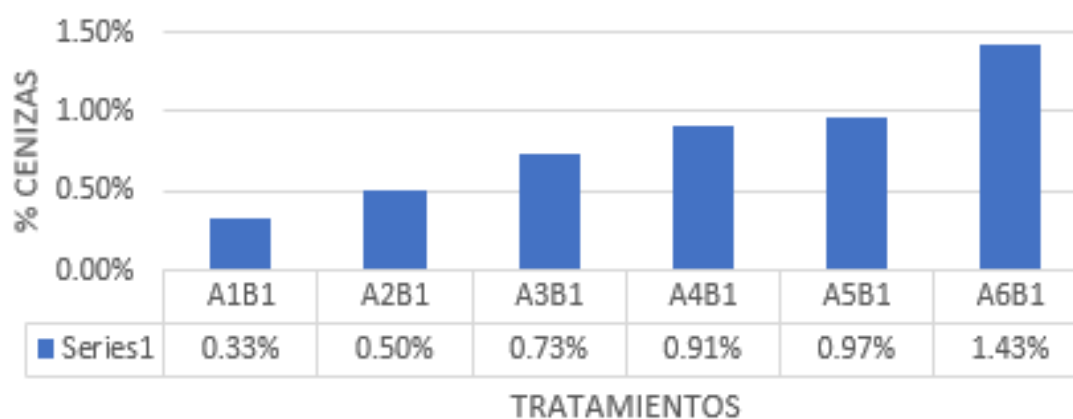


Figura 18

Valores promedio de Contenido de Cenizas en pectina vs Tratamientos obtenidos con extracción ácida de 1.3 a diferentes tiempos de extracción en microondas

**Figura 19**

Valores promedio de Contenido de Cenizas en pectina vs Tratamientos obteniéndose con extracción ácida de 1.7 a diferentes tiempos de extracción en microondas

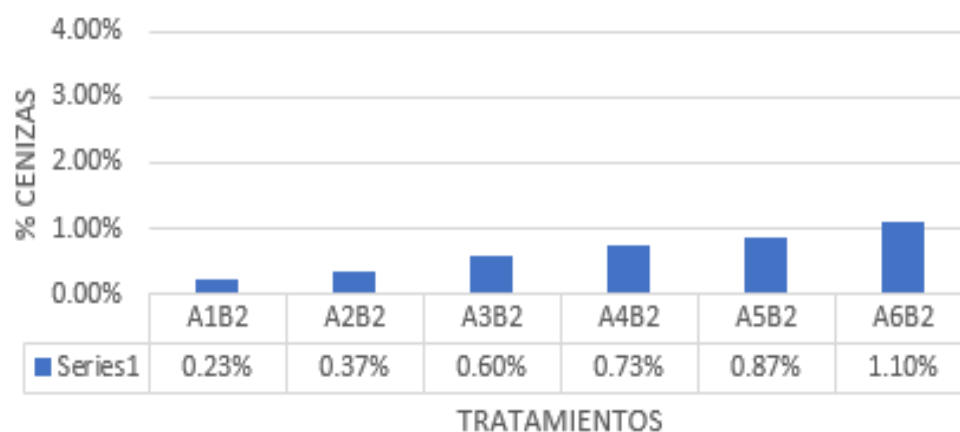
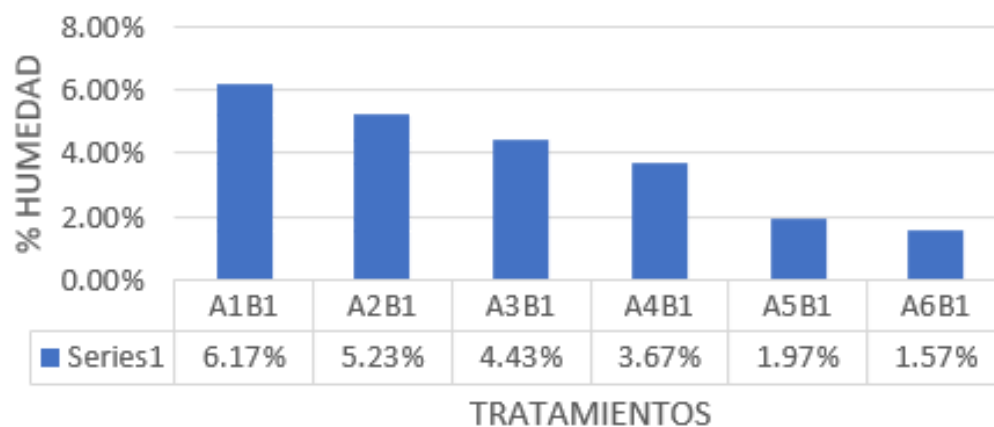
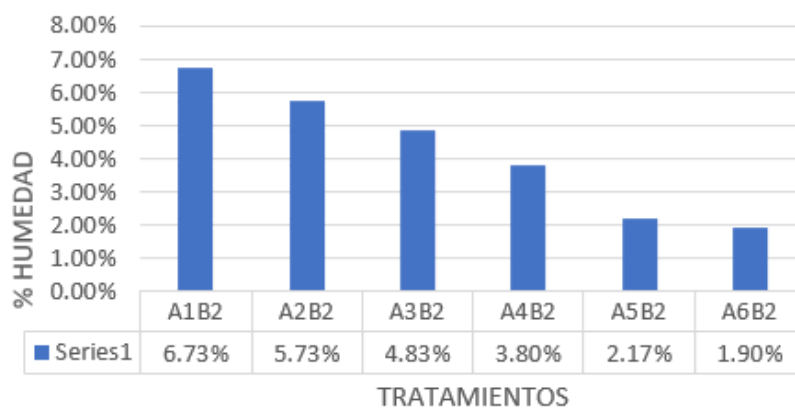


Figura 20

Valores promedio de Contenido de Humedad en pectina vs Tratamientos obteniéndose con extracción ácida de 1.3 a diferentes tiempos de extracción en microondas

**Figura 21**

Valores promedio de Contenido de Humedad en pectina vs Tratamientos obteniéndose con extracción ácida de 1.7 a diferentes tiempos de extracción en microondas



3.2. El acondicionamiento de las operaciones del procesado de residuos de manzana fue plasmado en un diagrama de operaciones, que se especifica en el Anexo 1. A continuación se detallan el proceso.

Tabla 6

Acondicionamiento de los residuos de procesado industrial de manzana

OPERACIÓN	ACONDICIONAMIENTO
Lavado y Desinfectado	El lavado se realizó de forma manual con abundante agua a temperatura ambiente con la finalidad de eliminar impurezas. Se desinfectó las manzanas con 10 ml. de lejía por litro de agua
Pelado	Se realizó con mucho cuidado el pelado de las cáscaras de manzanas, con el uso del cuchillo, teniendo en cuenta el espesor de dichos residuos.
Escaldado	Conocida como operación de blanqueado. Se calentó la cáscara por 10 minutos a 90°C con la finalidad de extraer la mayor cantidad de pectina posible.
Secado	Se redujo la humedad por 24 horas a 50°C en una estufa.
Triturado	Se divide en trozos muy pequeños, haciendo uso del mortero, favoreciendo la extracción de la pectina.

3.3. Extracción en medio ácido de la pectina presente asistido con diferentes tiempos de exposición de microondas, se realizó con el procedimiento que indica en la Tabla 7, con la finalidad de extraer pectina en menor tiempo posible en comparación con el método convencional, y generando un ahorro energético, ya que esta energía se convierte en calórica y un aumento de temperatura dentro de la misma.

Tabla 7*Extracción en medio ácido de la pectina*

OPERACIÓN	ACONDICIONAMIENTO
Extracción	<p>Se pesó la muestra pre tratada, y luego se acondicionó con agua en una relación de 1:50 (peso: volumen).</p> <p>Posteriormente se agregó ácido fosfórico ajustando al pH (1.3 y 1.5), calentándose hasta 90°C (temperatura que será extraída la pectina), controlándose con un termómetro.</p> <p>Seguidamente se colocó la muestra en el microondas a diferentes tiempos de extracción (2, 4, 6, 8, 10 y 12 minutos), de esta manera se disocia la protopectina de la pectina soluble.</p>
Filtrado	<p>La mezcla se filtró de forma manual haciendo uso del tocuyo, separando el sólido del líquido, teniendo cuidado la contaminación de la misma, para posteriormente pasar a la operación de precipitación.</p>

- 3.4.** En la precipitación con etanol de la pectina extraída y separación por filtración de la pectina, tiene como propósito extraer la pectina presente en el jugo, después de la realización de la hidrólisis ácida, el método utilizado es el de precipitación con solventes orgánicos, método más utilizado en la actualidad ya que dicho solvente puede ser reutilizado, utilizándose el 50% de alcohol de 96° GL al jugo péctico, aglutinándose permitiendo su posterior filtración.

La filtración se realizó con material filtrante, separando el líquido del material aglutinado, observándose los resultados en la Tabla 7 y Tabla 8, donde se aprecia el peso húmedo de la pectina, observándose en ambas tablas que a menor pH en hidrólisis ácida mayor peso en pectina húmeda se obtiene siendo mayor el tratamiento A6B1 con el de pH de 1.3 y con un tiempo de exposición en el microondas de 12 minutos, apreciándose de manera objetiva en la Figura 23 y Figura 24.

Tabla 8

Peso Húmedo de la precipitación con etanol de la pectina extraída a un pH de 1.3 a diferentes tiempos en el microondas

Parámetros	N° de Muestra	Peso Pectina	% Humedad	Peso Húmedo
T (90°C)	1	0.375	6.10%	6.15
pH (1.3)	2	0.374	6.30%	5.94
2 minutos	3	0.372	6.10%	6.10
T (90°C)	4	0.470	5.20%	9.03
pH (1.3)	5	0.465	5.20%	8.94
4 minutos	6	0.469	5.30%	8.85
T (90°C)	7	0.511	4.50%	11.36
pH (1.3)	8	0.505	4.30%	11.74
6 minutos	9	0.510	4.50%	11.32
T (90°C)	10	0.568	4.00%	14.20
pH (1.3)	11	0.571	3.50%	16.32
8 minutos	12	0.563	2.40%	23.47
T (90°C)	13	0.802	1.90%	42.23
pH (1.3)	14	0.801	2.00%	40.04
10 minutos	15	0.806	2.00%	40.28
T (90° C)	16	0.866	1.60%	48.13
pH (1.3)	17	0.869	1.50%	43.44
12 minutos	18	0.865	1.60%	54.05

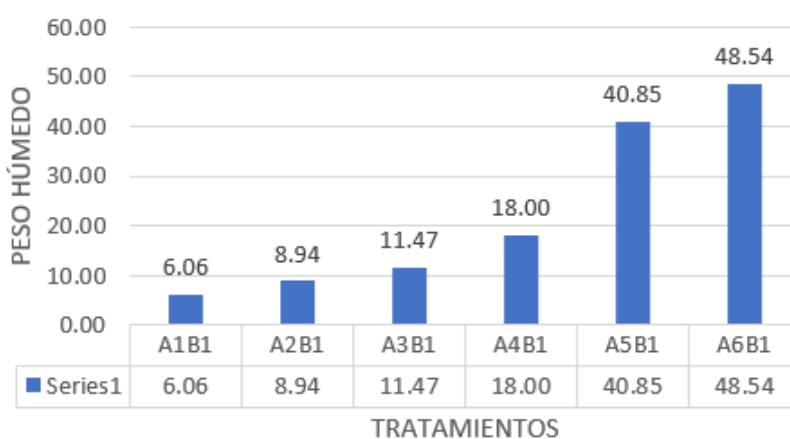
Tabla 9

Peso Húmedo de la precipitación con etanol de la pectina extraída a un pH de 1.7 a diferentes tiempos en el microondas

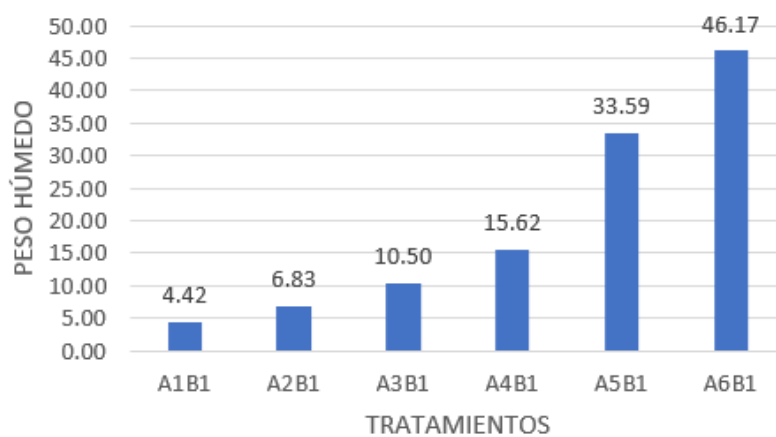
Parámetros	N° de Muestra	Peso Pectina	% Humedad	Peso Húmedo
T (90°C)	1	0.299	6.60%	4.53
pH (1.7)	2	0.295	6.80%	4.34
2 minutos	3	0.298	6.80%	4.39
T (90°C)	4	0.394	5.80%	6.79
pH (1.7)	5	0.390	5.70%	6.85
4 minutos	6	0.391	5.70%	6.86
T (90°C)	7	0.507	4.90%	10.35
pH (1.7)	8	0.505	4.70%	10.74
6 minutos	9	0.510	4.90%	10.40
T (90°C)	10	0.593	3.90%	15.20
pH (1.7)	11	0.590	3.70%	15.96
8 minutos	12	0.597	3.80%	15.71
T (90°C)	13	0.731	2.20%	33.24
pH (1.7)	14	0.724	2.20%	32.91
10 minutos	15	0.727	2.10%	34.63
T (90° C)	16	0.762	1.80%	47.60
pH (1.7)	17	0.758	2.00%	50.56
12 minutos	18	0.766	1.90%	40.34

Figura 22

Valores promedio de Contenido de Peso Húmedo de pectina vs Tratamientos obteniéndose con extracción ácida de 1.3 a diferentes tiempos de extracción en microondas

**Figura 23**

Valores promedio de Contenido de Peso Húmedo de pectina vs Tratamientos obteniéndose con extracción ácida de 1.7 a diferentes tiempos de extracción en microondas



3.5. Al evaluar el rendimiento de extracción de pectina y el tiempo recomendable de exposición con microondas, los resultados del porcentaje de rendimiento obtenidos se observaron en la Tabla 4 y Tabla 5 utilizando pH de 1.3 y 1.7 respectivamente, para la extracción ácida utilizando tiempos de extracción en el microondas de 2, 4, 6, 8, 10 y 12 minutos, ya que estas variables afectan directamente en el rendimiento.

Se observó en las figuras 17 y 18, que el mejor tratamiento es el A6B1 con un tiempo de extracción en microondas de 12 minutos y un pH de inactivación enzimática de 1.3, con un rendimiento ligeramente alto con el tratamiento A6B2, con el mismo tiempo de extracción y variando el pH en ambos tratamientos.

A temperatura de extracción constante (90°C), la disminución de pH y aumento de tiempo de extracción de pectina en microondas, aumenta el rendimiento de pectina mediante la hidrólisis ácida usando como reactivo el ácido fosfórico para obtener el pH deseado.

Se observó en la Tabla 4 y Tabla 5, que el rendimiento más alto fue de 10.83% con el tratamiento A6B1 en parámetros de pH de 1.3 y tiempo de extracción de pectina en el microondas con 12 minutos; y el rendimiento más bajo de 3.72% con el tratamiento A1B2 en parámetros de pH de 1.7 en extracción ácida y un tiempo de exposición con 2 minutos.

Tabla 10

Rendimiento de pectina obtenida con pH 1.3 a diferentes tiempos de extracción en microondas

Parámetros	N° de Muestra	Peso cáscara manzana (g)	Peso pectina seca (g)	% Rendimiento	% Rendimiento Promedio
T (90°C)	1	8.00	0.375	4.69%	4.67%
pH (1.3)	2	8.00	0.374	4.68%	
2 minutos	3	8.00	0.372	4.65%	
T (90°C)	4	8.00	0.470	5.87%	5.85%
pH (1.3)	5	8.00	0.465	5.81%	
4 minutos	6	8.00	0.469	5.86%	
T (90°C)	7	8.00	0.511	6.39%	6.36%
pH (1.3)	8	8.00	0.505	6.31%	
6 minutos	9	8.00	0.510	6.37%	
T (90°C)	10	8.00	0.568	7.10%	7.09%
pH (1.3)	11	8.00	0.571	7.14%	
8 minutos	12	8.00	0.563	7.04%	
T (90°C)	13	8.00	0.802	10.03%	10.04%
pH (1.3)	14	8.00	0.801	10.01%	
10 minutos	15	8.00	0.806	10.07%	
T (90° C)	16	8.00	0.866	10.83%	10.83%
pH (1.3)	17	8.00	0.869	10.86%	
12 minutos	18	8.00	0.865	10.81%	

Tabla 11

Rendimiento de pectina obtenida con extracción ácida de 1.7 a diferentes tiempos de extracción en microondas

Parámetros	N° de Muestra	Peso cáscara manzana (g)	Peso pectina seca (g)	% Rendimiento	% Rendimiento Promedio
T (90°C)	1	8.00	0.295	3.69%	3.73%
pH (1.7)	2	8.00	0.299	3.74%	
2 minutos	3	8.00	0.298	3.73%	
T (90°C)	4	8.00	0.390	4.88%	4.89%
pH (1.7)	5	8.00	0.394	4.92%	
4 minutos	6	8.00	0.391	4.89%	
T (90°C)	7	8.00	0.505	6.31%	6.37%
pH (1.7)	8	8.00	0.507	6.34%	
6 minutos	9	8.00	0.510	6.37%	
T (90°C)	10	8.00	0.590	7.38%	7.46%
pH (1.7)	11	8.00	0.593	7.41%	
8 minutos	12	8.00	0.597	7.46%	
T (90°C)	13	8.00	0.724	9.05%	9.09%
pH (1.7)	14	8.00	0.731	9.14%	
10 minutos	15	8.00	0.727	9.09%	
T (90° C)	16	8.00	0.758	9.48%	9.58%
pH (1.7)	17	8.00	0.762	9.52%	
12 minutos	18	8.00	0.766	9.58%	

IV. DISCUSION

Según el investigador Zarei M. (2017) estudió el efecto de la extracción asistida por microondas sobre el rendimiento y la calidad de manzana pectina de orujo y piel de limón, y concluyeron que el microondas podría ser una tecnología eficaz para emplear el pre tratamiento y secado de orujo de manzana y cáscara de limón, de hecho, mejora la calidad y el rendimiento siendo el de orujo de manzana de un 8% mientras que la de limón de 10% con un tiempo de exposición en el microondas de 10 minutos y un pH de 1.5, en comparación con el secado tradicional de otros métodos, sin embargo, se logró evaluar el rendimiento de la pectina, manipulando el tiempo de exposición en el microondas a diferentes valores de extracción (pH: 1.3 y 1.7), teniéndose como mejor dato el tiempo de 12 minutos en extracción ácida en microondas con un pH óptimo de 1.3 y un rendimiento promedio de 10.83% que se muestra en la Figura 17, siendo un tiempo menor a la utilizado con el método convencional, ahorrando tiempo y energía.

Según los investigadores Urango K., Ortega F., Vélez G. y Pérez O. (2018) en su artículo “Extracción rápida de pectina a partir de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*) empleando microondas”. Córdova – Colombia. Llegaron a los siguientes resultados, que el mejor rendimiento en pectina (68.76%) en base a muestras húmedas fueron: 100 segundos, potencia de 1000 vatios y una concentración de 0.24 N de ácido clorhídrico, logrando un metoxilo de pectina del 6.86% que es una pectina bajamente metilada. Sin embargo, en la presente investigación se logró elaborar la pectina haciendo uso del microondas de los residuos de manzanas variando los valores de pH en la extracción ácida, en cuanto a la determinación de cenizas según la FAO (2016) señala que las cenizas insolubles no deben ser mayor del 1%, por lo que según nuestros resultados del porcentaje de contenido de cenizas el más cercano es del 0.97% (tratamiento A5B1) con un pH de 1.3 y un tiempo de extracción en el microondas de 10 minutos. En cuanto a la determinación de la humedad, que es un factor que incide directamente en la estabilidad de la pectina por sus características química,

se tuvo como dato promedio de 1.97% en el mismo parámetro antes mencionado, según los estándares de la pectina comercial en humedad reportado por Merck es de 10.81% y por la USP (United States Pharmacopeia 2014) que es un máximo aceptable de 10%, de acuerdo a ello, los valores obtenidos cumplieron dentro del parámetro, teniendo la menor cantidad de agua establecido, pudiéndose pulverizar y manteniendo mayor vida útil.

Según Hernández F. (2018) estudió la caracterización de pectina a partir de uva (*Vitis vinífera* RED GLOBE) de descarte obtenida mediante método de hidrólisis ácida, concluyó que aplicando este método variando los valores de pH de 1.5, 2, 2.5 y 3 con temperaturas de 75°C y 90°C obtiene un rendimiento promedio de 3.911% lo que equivale 19.555 g de producto final por cada 500 g de materia prima. Sin embargo, se describió el acondicionamiento de los residuos del procesado industrial de manzanas, realizándose un pre tratamiento para inactivar las enzimas, calentando la muestra por 10 minutos a 90°C y así posteriormente obtener una materia prima triturada utilizándose el ácido fosfórico para variar los valores de pH de 1.3 y 1.7 respectivamente a temperatura de 90°C, por cada 8 g de materia utilizada se obtuvo 0.802 g de pectina seca corroborándose en la Figura 17.

Según Zegada F. (2015), estudió la extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO), concluyó que es posible aplicar un porcentaje de etanol igual al 50% respecto a la solución a precipitar, con 5 minutos de agitación y 20 minutos sin afectar el rendimiento del proceso. Sin embargo, se logró describir el método de la precipitación con etanol de la pectina extraída y separación por filtración de la pectina, utilizándose un porcentaje de etanol del 50% con 10 minutos de reposo presentados en la Tabla 7 y Tabla 8.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se evaluó el efecto de la asistencia con microondas en la etapa de extracción ácida de pectina a partir de los residuos industriales de manzanas, para ellos se elaboró 36 muestras de pectina de orujo de manzana, divididos en 12 tratamientos y 2 factores de estudio, haciendo uso del método de extracción ácida, utilizando niveles de 1.3 y 1.7 de pH, 90°C de temperatura, con relación 1:1 en la operación de precipitación obteniéndose un rendimiento de 10.04% de rendimiento promedio que equivale a 0.802 g de pectina, 0.97% de cantidades de cenizas y 1.97% de humedad.
- Se logró describir el acondicionamiento de los residuos del procesado industrial de manzanas, que incluye 3 actividades y 2 operaciones, contenidos en la Tabla 6.
- Se describió el acondicionamiento de la extracción en medio ácido de la pectina presente asistido con 2, 4, 6, 8, 10 y 12 minutos de exposición en microondas, con 2 operaciones, contenidos en la Tabla 7.
- Se describió el acondicionamiento con etanol de la pectina extraída y separación por filtración de la pectina, contenidos en la Tabla 8, siendo el peso húmedo promedio de 40.85%. A mayor pH en extracción y mayor tiempo de exposición mayor peso de humedad.
- Se evaluó el rendimiento de extracción de pectina y el tiempo recomendable de exposición de microondas, siendo el óptimo el de 10 minutos con un rendimiento promedio de 10.04%, a menor pH en la extracción ácida y mayor tiempo de exposición en el microondas mayor rendimiento se obtendrá, contenidos en la Tabla 10 y Tabla 11.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda caracterizar la pectina a partir de los residuos de manzana utilizando otros métodos de extracción y comparar, con el fin de conocer el método más efectivo de las características del producto y que cumplan dentro del parámetro de estándar permitido de la pectina.
- Realizar pruebas modificando el porcentaje de etanol, respecto de la solución de pectina y evaluar el rendimiento del mismo.
- Efectuar caracterización microbiológica al producto final de distintos métodos de extracción de pectina, con el fin de obtener el valor mínimo posible.
- Perfeccionar las variables, con el objeto de optimizar el rendimiento de la pectina a partir de los residuos de manzanas.
- Realizar un estudio de pre factibilidad de una planta piloto de la extracción de pectina, con el mismo número de actividades en las operaciones mencionadas.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguinis, H., Hill, S., & Bailey, J. (2019). Best Practices in Data Collection and Preparation: Recommendations for Reviewers, Editors, and Authors. *Organizational Research Methods*, 20(10), 1-16. Obtenido de <http://hermanaguinis.com/ORMdatacollection.pdf>
- Almeida, C., Carrillo, I., Chamorro, A., & Palacios, T. (2019). Diseño de una planta piloto de extracción de pectina como gelificante a partir de residuos de la naranja (*Citrus Sinensis*). *Figempa: Investigación y Desarrollo*, 1(2), 23-29. Obtenido de <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/1274/2003>
- Bernal, C. (2016). *Metodología de la investigación: Administración, Economía, Humanidades y Ciencias Sociales* (Cuarta ed.). Bogotá: Pearson.
- Carrasco, S. (2018). *Metodología de la investigación científica: Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación* (Ed. 2da. ed.). Lima: Editorial San Marcos.
- Chasquibol, N., Arroyo, E., & Morales, J. (2015). Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. *Ingeniería Industrial*, 1(26), 175-199. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428492010>

Ciriminna, R., Fidalgo, A., Delisi, R., Ilharco, L., & Pagliaro, M. (2016). Pectin production and global market. *Agro Food Industry Hi Tech*, 27(5), 17-20.

Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/305687551_Pectin_Production_and_Global_Market

Cobeñas, A., & Guerrero, J. (2018). *Caracterización de la pectina obtenida a partir de la cáscara de cacao (Theobroma cacao L.) mediante variación del ácido y temperatura*. Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes. Obtenido de <http://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/UNITUMBES/355/TESIS%20%20COBE%c3%91AS%20Y%20GUERRERO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Flores, F., & Tenorio, M. (2015). *Caracterización fisicoquímica de la pectina de cáscara de maracuyá (passiflora edulis) extraída mediante hidrólisis ácida y evaluada con el diseño de box-behnken, Lambayeque – 2012*. Universidad Señor de Sipán, Chiclayo. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/1785/INGENIERIA%20AGROINDUSTRIAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Fustamante, Y., & Valdera, W. (2019). *Extracción enzimática y caracterización de la pectina a partir de los residuos del mango (Mangifera indica); Lambayeque 2015*. Universidad Señor de Sipán, Chiclayo. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/6209/Fustamante%20Nunez%20%26%20Valdera%20Santamaria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Guerrero, F. (2019). *Aprovechamiento de la cáscara de maracuyá para obtener pectina en la empresa Quicornac S.A.C. con el fin de aumentar sus ingresos*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo. Obtenido de http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2584/1/TL_GuerreroRiuzFiorellaAlejandra.pdf
- Hernández, J. (2018). *Caracterización de pectina a partir de uva (Vitis vinífera red globe) de descarte obtenida mediante método de hidrólisis ácida*. Universidad Cesar Vallejo, Piura. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/44434/Hern%C3%A1ndez_FJC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *La metodología de la investigación*. Ciudad de México: Mc Graw Hill Education.
- Hernández, R., Méndez, S., Mendoza, C., & Cuevas, A. (2017). *Fundamentos de investigación*. Ciudad de México: Mc Graw Hill.
- Higuera, C. (2019). *Aprovechamiento de la cascara de gulupa como fuente de pectina para la industria alimentaria*. Universidad de La Salle, Bogotá. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/331828757_Aprovechamiento_de_la_cascara_de_gulupa_como_fuente_de_pectina_para_la_industria_alimentaria

- Hou, J., & Chu, Y. (2015). Automatic questionnaire survey by using the collective message over the Internet. *Advanced Engineering Informatics*, 29(4), 813–829. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1474034615000968>
- Instituto de Ciencia de Materiales, ICM. (31 de marzo de 2017). *Descubra el impresionante aporte de los residuos de manzana*. Obtenido de Portal Frutícola: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/03/31/89732/>
- Lara, C., Carvajal, E., Balandrán, R., López, Y., & Rascón, A. (2018). Pectin and Pectin-Based Composite Materials: Beyond Food Texture. *Molecules*, 23(4), 1-35. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6017442/pdf/molecules-23-00942.pdf>
- 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.)*. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica. Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2621/TESIS-2018-ING-AGROINDUSTRIAL>
- Maldonado, Y., Salazar, S., Millones, C., Torres, E., & Vásquez, E. (2010). Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de maushan (*Vasconcellea weberbaueri* (Harms) V.M. Badillo) provenientes del distrito de San Miguel de Soloco, región Amazonas. *Revista Aporte Santiaguino*, 3(2), 177-184. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/as/v3n2/a05v3n2>

- Mellinas, C., Ramos, M., Jiménez, A., & Garrigós, M. (2020). Recent Trends in the Use of Pectin from Agro-Waste Residues as a Natural-Based Biopolymer for Food Packaging Applications. *Materials*, 13(673), 1-17. Obtenido de <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/3/673/pdf>
- Molina, N., & Tintaya, L. (2018). *Extracción y caracterización de pectina de la cascarilla del theobroma cacao linnaeus (cacao) para la inmovilización de saccharomyces cerevisiae y su aplicación en la fermentación del mosto de manzana*. Universidad Católica de Santa María, Arequipa. Obtenido de <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/7687/42.0172.IB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Narasimman, P., & Sethuraman, P. (2016). An overview on the fundamentals of pectin. *International Journal of Advanced Research*, 4(12), 1855-1860. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/312508171_AN_OVERVIEW_ON_THE_FUNDAMENTALS_OF_PECTIN
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Pixabay. (17 de octubre de 2017). *¿Qué es la pectina y cuáles son sus propiedades?* Obtenido de PerúWeb: <https://peru.com/estilo-de-vida/vida-sana/pectina-propiedades-beneficios-salud-vida-sana-noticia-538472>

- Quick, J., & Hall, S. (2015). Part Three: The Quantitative Approach. *Journal of perioperative practice*. Obtenido de <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/175045891502501002?journalCode=ppja>
- Ramírez, D., Moreno, M., Curbelo, C., & Crespo, L. (2016). Cinética de la extracción de pectina obtenida del bagazo de sábila (*Aloe barbadensis* Mill). *Revista Cubana de Farmacia*, 50(3), 1-8. Obtenido de <http://www.revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/42/46>
- Sandarani, M. (2017). A Review: Different Extraction Techniques of Pectin. *Journal of Pharmacognosy & Natural Products* , 3(3), 1-5. Obtenido de <https://www.hilarispublisher.com/open-access/a-review-different-extraction-techniques-of-pectin-2472-0992-1000143.pdf>
- Toapanta, E., Vallejo, S., García, M., & Caluña, E. (2019). Diseño de un proceso para la obtención de pectina en medio ácido a partir de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum*). *Revista Capacitación & Excelencia* , 3(2), 115-126. Obtenido de <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/522/1264>
- Urango, K., Ortega, F., Vélez, G., & Pérez, O. (2018). Extracción rápida de pectina a partir de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* flavicarpa) empleando microondas. *Revista Información Tecnológica*, 29(1), 129-136. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v29n1/0718-0764-infotec-29-01-00129.pdf>

Valderrama, S. (2015). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica : Cuantitativa, Cualitativa y Mixta* (Segunda ed.). Lima: San Marcos.

Venkatanagaraju, E., Bharathi, N., Sindhuja, R., Chowdhury, R., & Sreelekha, Y. (2019). Extraction and Purification of Pectin from Agro-Industrial Wastes. *Journal IntechOpen*, 11(3), 1-15. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/332777627_Extraction_and_Purification_of_Pectin_from_Agro-Industrial_Wastes

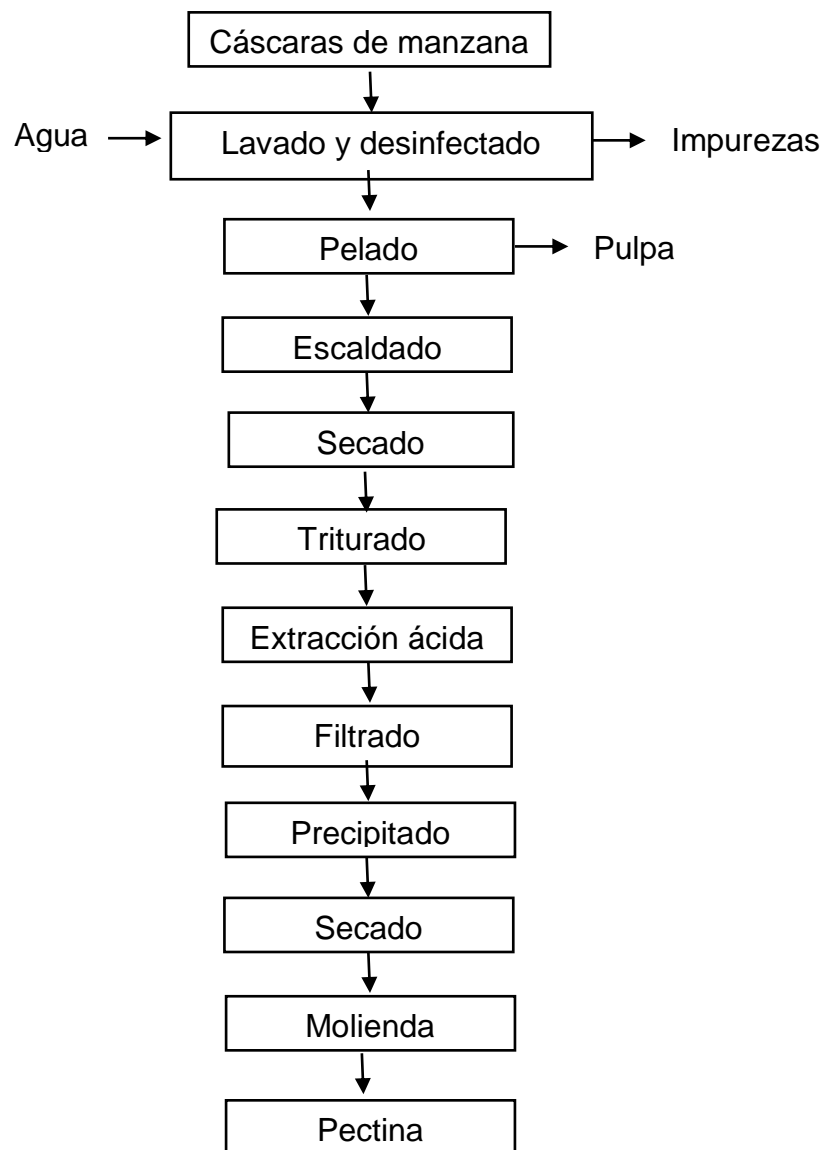
Yrigoin, K. (2019). *Eficiencia de la pectina de cascara de naranja para disminuir la concentración de arsénico en aguas de Mórrope*. Universidad Cesaar Vallejo, Chiclayo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35105/Yrigoin_VKJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Zegada, V. (28 de octubre de 2016). *Proceso para la extracción de Pectina de residuos de cáscara de naranja*. Obtenido de Food News Latam: <https://www.foodnewslatam.com/paises/74-bolivia/4400-proceso-para-la-extracci%C3%B3n-de-pectina-de-residuos-de-c%C3%A1scara-de-naranja.html>

Zarei, M., Ahmadi, A., Saari, N., Ghanbari, R., Nikkhah, M., Vaziri, M. (2017). Effect of microwave – assisted extraction on the yield and quality of apple pomace and lemon peel pectins. *Revista International Food Research Journal* 24 (6): 2402 – 2407 (December 2017). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/322231708_Effect_of_microwave-assisted_extraction_on_the_yield_and_quality_of_apple_pomace_and_lemon_peel_pectins

Anexos

Anexo 1: Diagrama de bloques de obtención de pectina



Anexo 2: Análisis estadístico para las variables de tiempos y pH en pectina extraída.

ANOVA: Peso de la pectina vs tiempo y pH en pectina (Nivel de significancia = 0.05)

Información del factor			
Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tiempo de exposición	Fijo	6	2, 4, 6, 8, 10, 12 minutos
pH	Fijo	18	1.3, 1.7

Análisis de Varianza del peso de pectina					
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P
Tiempo	5	1.058	0.212	24654.427	0.000
pH	1	0.024	0.024	2769.013	0.000
Tiempo + pH	5	0.020	0.004	460.205	0.000
Error	24	0.000	8.583E-0.006		
Total	36	12.888			
Total corregida	35	1.102			

Anexo 3: Análisis estadístico para las variables de tiempos y pH en peso húmedo

ANOVA: Peso húmedo vs tiempo y pH (Nivel de significancia = 0.05)

Información del factor			
Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tiempo de exposición	Fijo	6	2, 4, 6, 8, 10, 12 minutos
pH	Fijo	18	1.3, 1.7

Análisis de Varianza del peso de pectina					
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	P
Tiempo	5	8974.438	1794.88	262.443	0.000
pH	1	69.973	69.973	10.231	0.004
Tiempo + pH	5	38.052	7.610	1.113	0.380
Error	24	164.139	6.839		
Total	36	24996.434			
Total corregida	35	9246.603			

Anexo 4: Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
¿Cuál es el efecto de la extracción ácida de pectinas asistida con microondas empleando diferentes tiempos a partir de residuos del procesamiento de manzanas?	<p>Objetivo general</p> <p>Evaluar el efecto de la extracción ácida de pectinas asistida con microondas empleando diferentes tiempos a partir de residuos del procesamiento de manzanas</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acondicionamiento de los residuos del procesado industrial de manzana - Extracción en medio ácido de la pectina presente asistido con diferentes tiempos de exposición de microondas. - Precipitación con etanol y separación por filtración de la pectina extraída - Evaluar el rendimiento de extracción de pectina y el tiempo recomendable de exposición con microondas. 	<p>La extracción ácida de pectinas asistida con microondas empleando diferentes tiempos a partir de residuos del procesamiento de manzanas mejora el rendimiento a comparación del método de extracción convencional</p>	<p>Extracción ácida asistida por microondas</p>	<p>Tipo</p> <p>Aplicado</p> <p>Enfoque</p> <p>Cuantitativo</p> <p>Método</p> <p>Analítico – deductivo</p> <p>Diseño</p> <p>Experimental</p> <p>Nivel</p> <p>Explicativo</p>

				<p>Población</p> <p>Cascaras de manzana producida en la región Lambayeque.</p> <p>Muestra</p> <p>10 kg de manzana</p> <p>Técnica/instrumento</p> <p>Observación / Ficha de observación</p>
--	--	--	--	---

Extracción ácida de pectinas asistida con microondas empleando diferentes tiempos a partir del procesamiento de manzanas (*Pyrus malus* L.)

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	13%	2%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	1%
2	repositorio.unicartagena.edu.co Fuente de Internet	1%
3	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unprg.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%

9	www.scielo.org.bo Fuente de Internet	<1 %
10	1library.co Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unicordoba.edu.co Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
15	scielo.conicyt.cl Fuente de Internet	<1 %
16	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.une.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.usfq.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21	repositorio.ulasamericas.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to Far Eastern University Trabajo del estudiante	<1 %
23	Repositorio.Ucv.Edu.Pe Fuente de Internet	<1 %
24	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	cienciadigital.org Fuente de Internet	<1 %
27	Mitchell José Toyo-Díaz, Betsay María Toyo-Fernández, María Eugenia Moreno Quintero. "Extracción de pectina mediante hidrólisis ácida de la cáscara de cambur (Musa paradisiaca)", Agroecología Global. Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar, 2021 Publicación	<1 %
28	Submitted to UTEC Universidad de Ingeniería & Tecnología Trabajo del estudiante	<1 %
29	repository.uamerica.edu.co Fuente de Internet	<1 %



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Ingrid Elizabeth Cajusol Siadén Ingrid Elizabeth
 Título del ejercicio: Extracción ácida de pectinas asistida con microondas emple...
 Título de la entrega: Extracción ácida de pectinas asistida con microondas emple...
 Nombre del archivo: INFORME_PARCIAL_02_5.docx
 Tamaño del archivo: 1.99M
 Total páginas: 91
 Total de palabras: 17,655
 Total de caracteres: 97,451
 Fecha de entrega: 10-may.-2022 07:33p. m. (UTC-0500)
 Identificador de la entrega: 1833388876

