UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la pectina extraída a partir de residuo de *Citrullus lanatus* utilizando hidrólisis ácida asistida con microondas

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autor:

Bach. Jhon Gustavo Paredes Llanos

Asesores:

Dr. Rafael Julián Malpartida Yapias (Asesor)

Mg. Kenny Rubén Montalvo Morales (Co-asesor)

Línea de investigación:

Desarrollo e innovación de productos agroindustriales

TARMA - PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la pectina extraída a partir de residuo de *Citrullus lanatus* utilizando hidrólisis ácida asistida con microondas

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autor:

Bach. Jhon Gustavo Paredes Llanos

Asesores:

Dr. Rafael Julián Malpartida Yapias (Asesor)

Mg. Kenny Rubén Montalvo Morales (Co-asesor)

Línea de investigación:

Desarrollo e innovación de productos agroindustriales

TARMA - PERÚ

2025

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS v
ÍNDICE DE FIGURAS vi
PÁGINA DEL JURADO vii
AGRADECIMIENTO ix
PRESENTACIÓN x
RESUMEN xi
Abstract xii
I.INTRODUCCIÓN 1
1.1.Problema 2
1.2.Hipótesis 3
1.2.1.Hipótesis General 3
1.2.2.Hipótesis específicas 3
1.3.Objetivos 3
1.3.1.Objetivo general 3
1.3.2.Objetivos específicos 3
II.MARCO TEÓRICO 3
2.1. Antecedentes 3
2.1.1. Antecedentes internacionales 3
2.1.2. Antecedentes nacionales 5
2.2. Bases teóricas 6
2.2.1.Sandía (*Citrullus lanatus)* 6
2.2.2.Pectina 7
2.2.3.Métodos de Extracción de Pectina 9
2.3. Definición de términos básicos 10
III. MARCO METODOLÓGICO 11

3.1.Tipo y nivel de investigación 11
3.1.1.Tipo de investigación 11
3.1.2.Nivel de investigación 11
3.2.Diseño de investigación 11
3.3.Variables 12
3.3.1.Independientes 12
3.3.2.Dependientes 12
3.4.Operacionalización de variables 12
3.5.Población, muestra y muestreo 12
3.6.Técnicas e instrumentos de recolección de datos 13
3.6.1. Equipos, materiales, instrumentos y reactivos 13
3.6.2. Extracción de pectina 15
3.6.3. Operaciones para obtener pectina a base de cáscara de sandía con asistencia de microondas 16
3.6.4. Determinación del rendimiento de pectina 18
3.6.5. Determinación de las características fisicoquímicas de la pectina 18
3.7.Tratamiento estadístico de datos o procesos de argumentación científica 20
IV. RESULTADOS 20
4.1. Caracterización de la materia prima 20
4.2. Evaluación del efecto de la asistencia de microondas en la hidrólisis ácida sobre el rendimiento de pectina a partir del residuo de *Citrullus lanatus* 20
4.3. Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de las pectinas extraídas del residuo de *Citrullus lanatus* 22
V.DISCUSIÓN 30
V.CONCLUSIONES 35
VI.RECOMENDACIONES 36
VII. REFERENCIAS 37
ANEXOS 41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Variables de estudio y su operacionalización	11
Tabla 2	Equipos utilizados para la extracción de pectina.	12
Tabla 3	Materia prima y reactivos empleados en la extracción de pectina.	13
Tabla 4	Características físicas del residuo de *Citrullus lanatus*	18
Tabla 5	Rendimiento de la pectina obtenida a partir de residuo de sandía	20
Tabla 6	Resultados del Análisis de varianza de rendimiento de pectina del residuo de *Citrullus lanatus*	21
Tabla 7	Porcentaje de humedad de la pectina extraída de residuo de sandía	21
Tabla 8	Resultados del Análisis de varianza de humedad de pectina del residuo de *Citrullus lanatus*	22
Tabla 9	Peso equivalente de la pectina extraída de residuo de sandía	23
Tabla 10	Resultados del Análisis de varianza de peso equivalente de pectina del residuo de *Citrullus lanatus*	24
Tabla 11	Acidez libre de la pectina extraída de residuo de sandía	24
Tabla 12	Resultados del Análisis de varianza de acidez libre de pectina del residuo de *Citrullus lanatus*	25
Tabla 13	Contenido de metoxilo de pectina a parir de resíduo de sandía	25
Tabla 14	Resultados del Análisis de varianza de contenido de metoxilo de pectina del residuo de *Citrullus lanatus*	26
Tabla 15	Grado de esterificación de la pectina extraída a partir del residuo de sandía en función al tiempo y potencia	27
Tabla 16	Resultados del Análisis de varianza de contenido de metoxilo de pectina del residuo de *Citrullus lanatus*	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama de flujo de extracción de pectina a base de cascara de sandía con asistencia de microondas	15
Figura 2	Rendimiento de extracción de pectina del residuo de sandía en función al tiempo y potencia	20
Figura 3	Porcentaje de humedad de la pectina extraída a partir del residuo de sandía en función al tiempo y potencia	22
Figura 4	Peso equivalente de la pectina extraída a partir del residuo de sandía en función al tiempo y potencia	23
Figura 5	Acidez libre de la pectina extraída a partir del residuo de sandía en función al tiempo y potencia	24
Figura 6	Grado de metoxilo de la pectina extraída a partir del residuo de sandía en función al tiempo y potencia	26
Figura 7	Grado de esterificación de la pectina extraída a partir del residuo de sandía en función al tiempo y potencia	27

Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la pectina extraída a partir de residuo de Citrullus lanatus utilizando hidrólisis ácida asistida con microondas

por Jhon Gustavo Paredes Llanos

Fecha de entrega: 19-nov-2025 07:18a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2820746500
Nombre del archivo: lanatus_utilizando_hidr_lisis_cida_asistida_con_microondas..pdf (1.02M)
Total de palabras: 12238
Total de caracteres: 71228

Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la pectina extraída a partir de residuo de Citrullus lanatus utilizando hidrólisis ácida asistida con microondas

INFORME DE ORIGINALIDAD

28%	27%	10%	10%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.upec.edu.ec Fuente de Internet	4%
2	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	2%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	ciencia.lasalle.edu.co Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	1%
7	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	1%
9	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
10	caelum.ucv.ve Fuente de Internet	1%
11	repositorioinstitucional.uabc.mx Fuente de Internet	1%
12	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1%
13	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
	repositorio.ug.edu.ec	

14	Fuente de Internet	<1 %
15	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	Morales Pacompia, Yuri Christian. "Nivel de conocimientos musicales de los estudiantes de la Escuela Profesional de Arte - Música de la Universidad Nacional del Altiplano 2017-II", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) Publicación	<1 %
18	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.autonoma.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unaat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	kipdf.com Fuente de Internet	<1 %
22	1library.co Fuente de Internet	<1 %
23	cia.uagraria.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
24	creativecommons.org Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.usfq.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
26	dspace.umh.es Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to unapiquitos Trabajo del estudiante	<1 %
29	repository.uamerica.edu.co Fuente de Internet	<1 %

30	roderic.uv.es Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	dspace.utb.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
33	editorial.uaa.mx Fuente de Internet	<1 %
34	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
35	dspace.espoch.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	polodelconocimiento.com Fuente de Internet	<1 %
38	rdi.uncoma.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
39	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	<1 %
40	Submitted to ULACIT Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología Trabajo del estudiante	<1 %
41	digibuo.uniovi.es Fuente de Internet	<1 %
42	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
43	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
44	Mitchell José Toyo-Diaz, Betsay María Toyo-Fernández, María Eugenia Moreno-Quintero. "Extracción de pectina a partir de cáscara de cambur para la producción de una mermelada", Agroecología Global. Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar, 2023 Publicación	<1 %

45	Submitted to Universidad Nacional Hermilio Valdizan Trabajo del estudiante	<1 %
46	Submitted to Universidad Mariano Gálvez de Guatemala Trabajo del estudiante	<1 %
47	repozitorij.unizg.hr Fuente de Internet	<1 %
48	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
49	ciencialatina.org Fuente de Internet	<1 %
50	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
51	Submitted to Universiti Teknologi MARA Trabajo del estudiante	<1 %
52	casaydiseno.com Fuente de Internet	<1 %
53	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
54	vdocumento.com Fuente de Internet	<1 %
55	www.buenastareas.com Fuente de Internet	<1 %
56	www.dykinson.com Fuente de Internet	<1 %
57	Cepeda Moya, Fernanda Pascal. "Evaluación de las Preferencias de las Personas y Factibilidad Económica del Reúso de Aguas Grises: Un Caso de Estudio de la Región Metropolitana de Chile", Pontificia Universidad Catolica de Chile (Chile) Publicación	<1 %
58	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
59	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

60	apirepositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
61	repositorio.uiix.edu.mx Fuente de Internet	<1 %
62	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
63	riaa.uaem.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
64	riujap.ujap.edu.ve Fuente de Internet	<1 %
65	www.jove.com Fuente de Internet	<1 %
66	helvia.uco.es Fuente de Internet	<1 %
67	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
68	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
69	www.repo.funde.org Fuente de Internet	<1 %
70	CLARA TALENS VILA. "DESARROLLO DE TÉCNICAS COMBINADAS DE SECADO CON AIRE CALIENTE Y MICROONDAS EN LA PRODUCCIÓN DE FIBRA ALIMENTARIA A PARTIR DE SUBPRODUCTOS CÍTRICOS", 'Universitat Politecnica de Valencia', 2015 Fuente de Internet	<1 %
71	Juan Guillermo Reales Alfaro, Lizeth Tairina Trujillo Daza, Giselle Arzuaga Lindado, Hader Iván Castaño Peláez et al. "Acid hydrolysis of water hyacinth to obtaining fermentable sugars", CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro, 2013 Publicación	<1 %
72	dgutyp.sep.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
73	doi.org Fuente de Internet	<1 %

74	pesquisa.bvsalud.org Fuente de Internet	<1 %
75	produccioncientificaluz.org Fuente de Internet	<1 %
76	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
77	rid.unam.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
78	www.couplingagents.net Fuente de Internet	<1 %
79	www.zhangqiaokeyan.com Fuente de Internet	<1 %
80	Edgardo Munive Mendoza, Milagros Yinez Oñate Maury. "Sustainable wine production from fruit peels: innovation and valuation of by-products for a circular economy", Reporte climatológico, 2025 Publicación	<1 %
81	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	<1 %
82	Walter Hernando Pérez Mora, Jaquelin Mojica Gómez. "Effect of extraction conditions on obtaining pectin from agroindustrial coffee by-products", Scientia et Technica, 2023 Publicación	<1 %
83	andaraw.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
84	revistas.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
85	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
86	uvadoc.uva.es Fuente de Internet	<1 %
87	www.redalyc.org Fuente de Internet	<1 %
88	www.rumbo.com.ve Fuente de Internet	

		<1 %
89	www.scielo.org.co Fuente de Internet	<1 %
90	Mitali Madhumita, Preiti Deol, Tanu Singh, Pramod K. Prabhakar. "Emerging technologies for extraction of functional components", Elsevier BV, 2024 Publicación	<1 %
91	repositorio.unah.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
92	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	Apagado
Excluir bibliografía	Activo		

A mis padres, Por ser mi soporte incondicional, por sus sacrificios silenciosos y por creer en mí incluso en los momentos de mayor incertidumbre. Esta tesis es el reflejo de su amor, paciencia y enseñanzas.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, expreso mi profundo agradecimiento a mis asesores de tesis, por su invaluable orientación, paciencia y apoyo durante todo el proceso de investigación. Sus conocimientos, críticas constructivas y motivación fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

A los miembros del jurado evaluador, por dedicar su tiempo a la revisión de este trabajo y por sus valiosos aportes que enriquecieron su contenido.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, por brindarme las herramientas académicas y los recursos necesarios para el desarrollo de esta investigación. De manera especial, agradezco a los docentes por sus consejos y colaboración en distintas etapas del proyecto.

A mis compañeros de estudio, por su amistad, discusiones enriquecedoras y por crear un ambiente de trabajo colaborativo. Cada uno de ustedes contribuyó directa o indirectamente a este logro.

A mis hermanos, por su amor incondicional, comprensión y apoyo emocional durante estos años de formación. Sin su respaldo, este esfuerzo no habría sido posible.

Finalmente, a todas aquellas personas que, de una u otra forma, acompañaron este recorrido académico. Este logro es también suyo.

PRESENTACIÓN

En la actualidad, la industria alimentaria enfrenta el desafío de desarrollar procesos sostenibles que permitan valorizar los residuos agroindustriales. *Citrullus lanatus* (sandía) genera grandes cantidades de subproductos ricos en pectina, un polisacárido con amplias aplicaciones como espesante, estabilizante y gelificante en alimentos. Sin embargo, los métodos tradicionales de extracción de pectina presentan limitaciones en eficiencia y sostenibilidad. La hidrólisis ácida asistida por microondas surge como una tecnología innovadora que reduce el tiempo de extracción, el consumo de energía y mejora el rendimiento, ofreciendo una alternativa viable para la obtención de pectina de alta calidad.

La relevancia de la investigación, contribuye a la reducción de residuos agroindustriales mediante su valorización, promoviendo la economía circular. Por otro lado, amplía el conocimiento sobre fuentes alternativas de pectina y su caracterización fisicoquímica bajo métodos innovadores de extracción.

El impacto de la investigación, proporciona un ingrediente funcional de bajo costo que puede ser utilizado en la formulación de productos como mermeladas, bebidas y lácteos; además, se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 12: Producción y consumo responsables) al aprovechar subproductos y reducir el impacto ambiental.

RESUMEN

La industria alimentaria genera grandes cantidades de residuos agroindustriales, como los de *Citrullus lanatus*, que contienen pectina, un polisacárido valioso como aditivo alimentario, cabe destacar que los métodos tradicionales de extracción presentan limitaciones en eficiencia y sostenibilidad. La hidrólisis ácida asistida por microondas surge como una alternativa innovadora para optimizar este proceso. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la extracción ácida asistida con microondas en las propiedades fisicoquímicas de la pectina obtenida a partir de residuo de *Citrullus lanatus.* Para la extracción de pectina se aplicó hidrólisis ácida asistida por microondas [tiempo (5 – 7 minutos), potencia (400 – 500 W)] al residuo de sandía. La pectina se precipitó con etanol de 96°, se lavó y secó a 45 °C; posteriormente se caracterizó el rendimiento, peso equivalente, acidez libre, contenido de metoxilo, y grado de esterificación. Los resultados obtenidos del mejor tratamiento son: 15,25 ± 0,02% de rendimiento; 3,22± 0,02% de humedad; 545,45± 3,44 mg/meq de peso equivalente; 1,81± 0,01 meq carboxilos libres/g de acidez libre; 10,63± 0,01% del contenido de metoxilo; y 65,26± 0,32% del grado de esterificación. La hidrólisis ácida asistida por microondas demostró ser un método eficiente para extraer pectina de residuos de sandía, con propiedades fisicoquímicas adecuadas para su uso en alimentos. Esta técnica promueve la valorización de subproductos agroindustriales, alineándose con principios de economía circular y sostenibilidad.

Palabras clave: Hidrólisis ácida; microondas; residuos agroindustriales; y propiedades fisicoquímicas.

Abstract

The food industry generates large amounts of agro-industrial waste, such as Citrullus lanatus, which contains pectin, a valuable polysaccharide used as a food additive. It should be noted that traditional extraction methods have limitations in terms of efficiency and sustainability. Microwave-assisted acid hydrolysis is an innovative alternative for optimizing this process. The objective of the research was to evaluate the effect of microwave-assisted acid extraction on the physicochemical properties of pectin obtained from Citrullus lanatus waste. For pectin extraction, microwave-assisted acid hydrolysis [time (5–7 minutes), power (400–500 W)] was applied to watermelon waste. The pectin was precipitated with 96% ethanol, washed, and dried at 45°C; subsequently, the yield, equivalent weight, free acidity, methoxyl content, and degree of esterification were characterized. The results obtained from the best treatment are: 15,25 ± 0,02% yield; 3,22 ± 0,02% moisture; 545,45 ± 3,44 mg/meq equivalent weight; 1,81 ± 0,01 meq free carboxyls/g free acidity; 10,63 ± 0,01% methoxyl content; and 65,26 ± 0,32% degree of esterification. Microwave-assisted acid hydrolysis proved to be an efficient method for extracting pectin from watermelon waste, with physicochemical properties suitable for use in food. This technique promotes the valorization of agro-industrial by-products, aligning with principles of circular economy and sustainability.

Keywords: Acid hydrolysis; microwaves: agro-industrial waste; and physicochemical properties.

I. INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria genera anualmente millones de toneladas de residuos agroindustriales, entre los que destacan los subproductos de *Citrullus lanatus*, los cuales representan aproximadamente el 30% del peso total del fruto y son ricos en componentes valiosos como pectinas (FAO, 2021). Las pectinas son polisacáridos estructurales ampliamente utilizados como aditivos alimentarios (espesantes, gelificantes y estabilizantes), cuya demanda global ha crecido un 5,2% anual en la última década (MarketWatch, 2022). Tradicionalmente, estas se extraen de cáscaras cítricas y manzanas mediante hidrólisis ácida convencional, método que consume grandes volúmenes de energía y reactivos (Zegada, 2015).

La hidrólisis ácida asistida por microondas emerge como una alternativa tecnológica sostenible, al reducir hasta un 40% el tiempo de extracción y un 60% el consumo de energía comparado con métodos convencionales (Koubala et al., 2008). Esta técnica mejora la eficiencia en la extracción de pectinas de alto metoxilo (>50% grado de metoxilación), cruciales para aplicaciones en mermeladas y productos lácteos (Voragen et al., 2009). Además, la valorización de residuos de sandía cultivo con una producción mundial de 100 millones de toneladas (FAOSTAT, 2023) alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2015), específicamente con el Objetivo del Desarrollo Sostenible - ODS 12 (Producción y Consumo Responsables).

A pesar del potencial de los residuos de sandía, existe poca sistematización de las características físicas de la pectina bajo extracción asistida por microondas. Investigaciones previas señalan que la combinación de ácido cítrico y microondas podría optimizar el rendimiento (18-22%) y la calidad funcional de pectinas (Maran et al., 2017), pero no se han establecido parámetros estandarizados para residuos de sandía. Este trabajo busca llenar ese vacío científico, aportando datos reproducibles para su posible escalamiento industrial, en un contexto donde el 85% de los subproductos de sandía terminan en vertederos (Preciado-Saldaña et al., 2020).

La presente investigación planteó evaluar el efecto de la extracción ácida asistida con microondas en las propiedades fisicoquímicas de la pectina obtenida a partir de residuo de *Citrullus lanatus.*

1.1.Problema

En el contexto actual, Perú posee dependencia en las importaciones de insumos y/o materias primas fundamentales para la industria alimentaria y farmacéutica. La falta de producción nacional de insumos como la pectina es debido a una deficiente tecnología en el procesamiento de extracción a gran escala, a pesar de los avances en diferentes investigaciones, se requieren mayores inversiones para lograr desarrollar la agroindustria en este tipo de sustancias pépticas.

La agricultura, la postcosecha, el procesamiento y la distribución son responsables de cerca del 60% del desperdicio alimentario mundial, esto conlleva consecuencias negativas tanto para los productores como para la seguridad alimentaria y el entorno ambiental (FAO, 2019). La sandía pertenece a la familia de las cucurbitáceas, es un cultivo frutal popular originario de países tropicales y subtropicales (Huerta-Reyes et al., 2022). Las frutas como el plátano, la naranja, el limón, el mango y la sandía generan residuos de entre 25 y 57 millones de toneladas al año. Entre los diferentes tipos de residuos de fruta generados, los residuos de cáscara de fruta contribuyen aproximadamente entre el 15 % y el 60 % y normalmente se desechan (Rifna et al., 2021).

La búsqueda de fuentes naturales con alto contenido de pectina ha adquirido una notable importancia; según Girma y Worku (2016), la pectina es un compuesto natural obtenido principalmente de frutas, ampliamente utilizada en la industria alimentaria como agente gelificante y estabilizante. Debido a sus propiedades reológicas, esta sustancia permite modificar la textura y consistencia de una gran variedad de productos alimenticios, facilitando su elaboración y mejorando su calidad.

Por tanto, se realizó la extracción de pectina a partir de un residuo agroindustrial empleando una tecnología emergente para mejorar su rendimiento, así mismo, observaremos su efecto en las características fisicoquímicas utilizando hidrolisis acida asistida con microondas, los resultados de la investigación podrán dilucidar la aplicación de tecnologías emergentes como pretratamiento en la obtención de compuestos pépticos.

1.2.Hipótesis

1.2.1. Hipótesis General

La asistencia de microondas en la extracción acida mejora las propiedades fisicoquímicas de la pectina obtenida a partir de residuo de *Citrullus lanatus.*

1.2.2. Hipótesis específicas

H.E.1. La asistencia de microondas en la hidrólisis acida mejora el rendimiento de pectina extraída del residuo de *Citrullus lanatus*

H.E.2. La extracción acida con asistencia de microondas mejora las propiedades fisicoquímicas de las pectinas extraídas del residuo de *Citrullus lanatus* respecto a extracciones sin pretratamiento.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la extracción ácida asistida con microondas en las propiedades fisicoquímicas de la pectina obtenida a partir de residuo de *Citrullus lanatus.*

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el rendimiento de las pectinas extraídas del residuo de *Citrullus lanatus* mediante la asistencia de microondas en la hidrólisis acida.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas de las pectinas extraídas del residuo de *Citrullus lanatus.*

II.MARCO TEÓRICO

2.1.Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Hartati y Sibekti (2015), en su estudio se plantearon como objetivo investigar la influencia de los parámetros del proceso de extracción asistida por microondas (MAE) en la obtención de pectina a partir de la cáscara de sandía. La metodología consistió en emplear microondas modificado para extraer pectina variando condiciones como la concentración de ácido sulfúrico (0,25-1,5 M), el tiempo de extracción (5-25 min), la relación sólido-líquido (1:6-

1:14) y la potencia del microondas (39,9-199,5 W), utilizando etanol para precipitar la pectina y analizando los residuos mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). Los resultados mostraron que el mayor rendimiento de extracción (11,25%) se obtuvo con 15 min, ácido sulfúrico 0,5 M y relación sólido-líquido 1:08, observándose que potencias más bajas favorecen un mayor rendimiento, ya que potencias elevadas provocan degradación de la pectina. Se concluyó que la MAE es un método eficiente y rápido para extraer pectina de la cáscara de sandía, optimizando los parámetros para maximizar el rendimiento y preservar la calidad del producto.

Pérez et al. (2022), en su trabajo de investigación se plantearon como objetivo optimizar la extracción de pectina de cáscara de sandía utilizando ácido cítrico como solvente y caracterizar sus propiedades fisicoquímicas. Emplearon un diseño experimental Box-Behnken de superficie de respuesta para evaluar el efecto del pH (2,0-3,0), tiempo de extracción (45-75 min) y relación líquido-sólido (10:1 a 40:1 mL/g) sobre el rendimiento, grado de esterificación (DE), contenido de metoxilo (MeO) y contenido de ácido anhidrourónico (AUA), utilizando posteriormente una función de deseabilidad para encontrar las condiciones óptimas globales. Los resultados mostraron que el pH fue la variable más significativa, y las condiciones óptimas fueron pH 2,0; tiempo de 62,31 min y relación líquido-sólido de 35,07 mL/g, logrando un rendimiento de pectina del 24,30%, un DE de 73,30% (pectina de alto metoxilo) y un AUA del 81,33% (indicando alta pureza). Concluyeron que la cáscara de sandía es una fuente viable para producir pectina de alta calidad con potencial aplicación en la industria alimentaria.

Mamiru y Gonfa (2023), investigaron la extracción y caracterización de pectina de la cáscara de sandía (*Citrullus lanatus*) utilizando ácido acético como solvente. Mediante una metodología de superficie de respuesta con diseño Box-Behnken, optimizaron los parámetros de extracción (pH, temperatura y tiempo), obteniendo un rendimiento máximo de 18,21% en condiciones de pH 2,3; 93 °C y 101 minutos, validado experimentalmente con un 18,20%. La pectina extraída presentó propiedades de alta calidad:

8,42% de humedad, 5,10% de cenizas, 57,30% de grado de esterificación, 7,30% de metoxilo y 72,36% de ácido anhidrourónico, clasificándola como pectina de alto metoxilo. Los análisis estructurales confirmaron su naturaleza amorfa y estabilidad térmica comparable a pectinas comerciales. Concluyen que la cáscara de sandía, un residuo agrícola abundante, representa una fuente alternativa viable y sostenible para la producción de pectina de buena calidad y rendimiento competitivo, ofreciendo una solución ecológica y de valor agregado a la industria.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Flores y Monzombite (2023). Realizaron una investigación con el objetivo de evaluar la extracción y caracterización de pectina a partir de cáscaras de dos variedades de sandía (*Citrullus lanatus*): regional y costeña, utilizando hidrólisis ácida convencional. La unidad de análisis consistió en residuos agroindustriales de sandía, procesados mediante etapas de lavado, inactivación enzimática, hidrólisis con HCl (variando pH, tiempo y temperatura), filtración, precipitación con etanol y secado. La metodología incluyó análisis fisicoquímicos (pH, cenizas, acidez libre, metoxilo y humedad). Los resultados mostraron rendimientos bajos (0,13% para sandía regional y 0,37% para costeña), con pectinas de bajo metoxilo (<7%), alto contenido de agua (>90%) y propiedades gelificantes limitadas. Concluyeron que, aunque la extracción es técnicamente viable, los bajos rendimientos y la alta demanda de agua la hacen poco rentable a escala industrial, recomendando explorar métodos alternativos de extracción y otras fuentes de residuos para optimizar el proceso.

Vasquez y Magipo (2024), realizaron una investigación, donde plantearon como objetivo extraer pectina de la cáscara de sandía utilizando variables como pH, temperatura y tiempo, y aplicarla en la elaboración de mermelada de pomarrosa. La unidad de análisis incluyó 30 kg de sandía y 6 kg de pomarrosa. La metodología fue experimental, dividida en dos etapas: la extracción de pectina mediante hidrólisis ácida con HCl y precipitación con etanol al 96%, y la elaboración de mermelada siguiendo un diseño estadístico compuesto central rotable con cinco formulaciones. Los resultados mostraron un rendimiento de pectina del 0,14%, clasificada como de bajo metoxilo

(2,50% de ácido galacturónico), y la mermelada formulada cumplió con los requisitos físicos-químicos, microbiológicos y sensoriales de la norma NTP-203.047.2017, destacando la formulación F3 como la más aceptada. Se concluyó que, aunque la extracción de pectina no es rentable por su bajo rendimiento, la mermelada obtenida cumple con los estándares de calidad, demostrando la viabilidad de aprovechar desechos agrícolas en la industria alimentaria.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Sandía (*Citrullus lanatus)*

a) Origen y Clasificación Botánica

La sandía (*Citrullus lanatus*) es una planta perteneciente a la familia Cucurbitaceae, la cual incluye otras especies de importancia económica como el melón, el pepino y la calabaza (Marr & Venable, 2019). Originaria de África, la sandía ha sido cultivada por miles de años y se ha distribuido globalmente debido a su capacidad de adaptarse a diferentes climas cálidos y secos (Wehner, 2020). Según Paris (2018), la sandía es clasificada como una fruta pepónide, lo que significa que posee una cáscara dura y un interior carnoso y jugoso, características que la distinguen de otras frutas tropicales.

b) Composición y Valor Nutricional

El fruto de sandía es conocido por su alto contenido de agua, que puede llegar hasta el 92%, por tanto, es una fruta ideal para la hidratación (Perkins-Veazie, 2019). Además de su elevado contenido de agua, la sandía es rica en vitaminas y minerales, destacándose la vitamina C, el potasio y antioxidantes como el licopeno (Collins et al., 2020). El licopeno es especialmente notable por sus propiedades antioxidantes, las cuales han sido vinculadas con la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer (Edwards et al., 2021).

c) Usos y aplicaciones industriales

Además de su consumo directo como fruta fresca, la sandía tiene aplicaciones industriales que incluyen la producción de jugos, conservas, y productos cosméticos debido a su alto contenido de agua y nutrientes (Liu et al., 2020). El subproducto de la cáscara de sandía ha sido estudiado como una fuente

potencial de pectina, un polisacárido utilizado ampliamente como agente gelificante y estabilizante en la industria alimentaria (Rodríguez & Córdova, 2019). La exploración de estos subproductos no solo agrega valor económico, sino que también contribuye a la sostenibilidad mediante la reducción de desechos agroindustriales (Guerra & Rodríguez, 2021).

2.2.2. Pectina

a) Definición y Propiedades

La pectina es un polisacárido estructural presente en la pared celular de las plantas, especialmente en las frutas, donde juega un papel fundamental en la cohesión celular y la maduración del fruto (Ovodova et al., 2017). Está compuesta principalmente por cadenas de ácido galacturónico, que pueden estar parcialmente metoxiladas, esto determina su capacidad para formar geles, una propiedad que la convierte en un aditivo esencial en la industria alimentaria (Thakur et al., 2019).

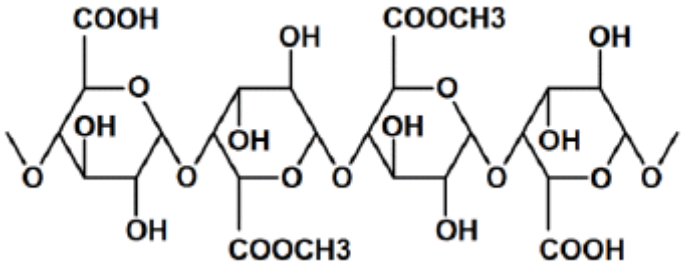
La pectina es utilizada principalmente como agente gelificante, espesante y estabilizante en productos como mermeladas, jaleas, yogures y salsas. Además de sus aplicaciones en alimentos, la pectina ha ganado interés en las industrias farmacéutica y cosmética debido a sus propiedades bioactivas, como la capacidad de modular el sistema inmune y reducir el colesterol (Sriamornsak, 2018).

b) Estructura de la pectina

Según Dai et al. (2014), indican que la pectina es un polisacárido complejo el cual está compuesto por largas cadenas de ácido α-(1,4)-D-galacturónico, algunas están parcialmente metiladas, esto significa que ciertos grupos carboxilo del ácido galacturónico están sustituidos con grupos metoxilo.

Figura 1

Estructura de pectina

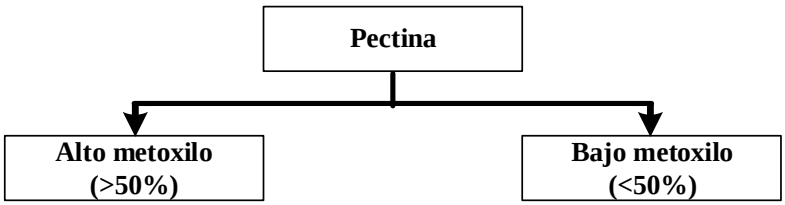


Fuente: Tomado de Zegada (2015).

c) Clasificación de pectina

Figura 2

Clasificación de pectina en función al grado de metoxilo



Fuente: Adaptado de Zegada (2015).

d) Fuentes naturales de pectina

Las fuentes más comunes de pectina incluyen las cáscaras de cítricos, como la naranja y el limón, y las manzanas, debido a su alto contenido en este polisacárido (Wang et al., 2018). Sin embargo, estudios recientes han explorado fuentes alternativas de pectina, como la cáscara de sandía, papaya y maracuyá, con el objetivo de valorizar los residuos agroindustriales y promover la sostenibilidad (Koubala et al., 2020).

Estas fuentes alternativas no solo ofrecen un mayor aprovechamiento de los subproductos agrícolas, sino que también presentan variaciones en las propiedades fisicoquímicas de la pectina extraída, lo que puede ser ventajoso para aplicaciones específicas en la industria alimentaria y farmacéutica (Koubala et al., 2020).

e) Factores que afectan la extracción de pectina

Los principales factores que influyen en la eficiencia de la extracción de pectina incluyen la fuente vegetal, el pH, la temperatura, el tiempo de extracción y la concentración de solventes o reactivos utilizados (Liew et al., 2016). La optimización de estos parámetros es crucial para maximizar el rendimiento y obtener una pectina con las propiedades deseadas para su aplicación específica (Liew et al., 2016).

Por ejemplo, en la extracción asistida por microondas, el control de la temperatura y el tiempo es esencial para evitar la degradación térmica de la pectina, mientras que, en la extracción enzimática, la actividad enzimática y la concentración deben ajustarse cuidadosamente para obtener un rendimiento óptimo sin comprometer la calidad del producto final (Minjares-Fuentes et al., 2020).

2.2.3. Métodos de Extracción de Pectina

La extracción de pectina se ha realizado tradicionalmente mediante la acidificación de materiales vegetales, esto provoca la solubilización de la pectina en una solución acuosa (Canteri-Schemin et al., 2018). Este método convencional utiliza ácidos minerales, como el ácido clorhídrico o el ácido sulfúrico, y generalmente requiere altas temperaturas y tiempos prolongados de extracción (Canteri-Schemin et al., 2018).

a. Extracción Asistida por Microondas

Uno de los métodos emergentes de extracción de pectina es la extracción asistida por microondas, que ha ganado popularidad por su eficiencia y sostenibilidad (Zhang et al., 2019). Este método utiliza la energía de las microondas para calentar rápidamente el material vegetal, acelerando la despolimerización y solubilización de la pectina (Minjares-Fuentes et al., 2020). La extracción asistida por microondas no solo reduce el tiempo de procesamiento, sino que también mejora el rendimiento y la calidad de la pectina extraída, en comparación con los métodos tradicionales (Minjares-Fuentes et al., 2020).

b. Extracción Enzimática

Otro método avanzado es la extracción enzimática, que utiliza enzimas específicas para degradar la matriz celular y liberar la pectina de manera más selectiva. Este método es más suave que la extracción ácida y puede preservar mejor las propiedades funcionales de la pectina, como su capacidad gelificante y la bioactividad. La principal limitación de este método es el costo elevado de las enzimas, restringiendo su uso a aplicaciones de alto valor agregado (Zhu et al., 2021).

c. Extracción con Ultrasonido

La extracción asistida por ultrasonido es otro método emergente que utiliza ondas sonoras de alta frecuencia para inducir la cavitación en la solución, facilitando la ruptura de las paredes celulares y mejora la liberación de pectina. Este método ha demostrado ser eficiente en términos de rendimiento y tiempo de extracción, y se considera una alternativa prometedora para la industria debido a su menor impacto ambiental y menor consumo de energía en comparación con los métodos convencionales (Wang et al., 2019).

2.3.Definición de términos básicos

- **Hidrólisis ácida:** Es un proceso químico en el cual las moléculas complejas, como los polisacáridos, se descomponen en componentes más simples mediante la adición de agua, catalizada por un ácido. Este proceso es fundamental en la extracción de pectina, ya que permite la ruptura de los enlaces entre las moléculas de pectina y otros componentes de la pared celular de las plantas, permitiendo así su solubilización y posterior extracción. (Canteri-Schemin et al., 2018).

- **Gelificación:** Es el proceso de transformar un líquido en un gel sólido pero flexible, gracias a la capacidad de un gelificante de crear una red molecular tridimensional que atrapa agua. Para lograr una gelificación exitosa, es crucial el tiempo, la temperatura y la adecuada dispersión e hidratación del gelificante. (Sanderson, 1996).

- G**rado de esterificación:** Es el porcentaje de unidades de ácido D-galacturónico cuyos grupos carboxilo se encuentran esterificados con grupos metilo (Thakur et al., 2019). Esta propiedad fundamental determina el mecanismo de gelificación y, por consiguiente, clasifica a la pectina en dos categorías principales: pectina de alto metoxilo (HMP), con un DE superior al 50%, que gelifica en condiciones ácidas y con alto contenido de sólidos solubles como el azúcar; y pectina de bajo metoxilo (LMP), con un DE inferior al 50%, que forma geles en un rango de pH más amplio mediante la interacción con iones calcio (May, 1990).

- **Ácido galacturónico:** es la unidad monomérica fundamental y el componente estructural principal de las moléculas de pectina. Si el contenido de ácido galacturónico ($C_6H_{10}O_7$) está por debajo de 70% indica la presencia de ácido no urónico y si la pectina cítrica tiene más de 74% de ácido galacturónico es considerado de alta pureza (Voragen et al., 2009).

III.MARCO METODOLÓGICO

3.1.Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Esta investigación según el propósito es de tipo aplicada, debido a que se usó los residuos de la sandía, para extraer pectina; contribuyendo a la sostenibilidad ambiental, y promoviendo su aplicación en otros productos alimentarios y farmacéuticos.

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación, considerando el objeto de estudio es de nivel experimental, debido a que tiene el propósito de analizar las consecuencias de la asistencia de microondas en la extracción de pectinas sobre las propiedades fisicoquímicas obtenidas a base de cascara de sandía.

3.2.Diseño de investigación

El trabajo de investigación corresponde a un estudio de tipo experimental, el experimento estuvo conducido mediante el diseño factorial con tres repeticiones; y con un análisis de varianza (ANVA) a un nivel de confianza de 95% y un $\alpha = 0,05$ de error.

3.3. Variables

3.3.1. Independientes

X1: Tiempo (5 y 7 min)

X2: Potencia (400 y 500 watts)

3.3.2. Dependientes

Y1: Rendimiento de pectina

Y2: Características fisicoquímicas de pectina

3.4. Operacionalización de variables

A continuación, se muestra la tabla de operacionalización de las variables de estudio:

Tabla 1

Variables de estudio y su operacionalización

Variables	Dimensión	Indicadores	Técnica
Independiente: Tiempo (5 y 7 min) Potencia (400 y 500 watts)	Cuantitativa Continua	•Minutos(min) •Watts(W)	•Hidrólisis acida. •Asistencia de microondas.
Dependientes: Rendimiento de pectina	Cuantitativa continua	Gramos de pectina obtenida	Gravimetría
Propiedades fisicoquímicas	Cualitativa/ compleja	•Humedad. •Peso equivalente •Acidez libre •Contenido de metoxilo. •Grado de esterificación.	•Gravimetría •Titulación.

3.5. Población, muestra y muestreo

a) Población: La población estuvo conformada 25 kilogramos de sandía proveniente del mercado mayorista de la provincia de Tarma.

b) Muestra: La muestra estuvo compuesta por 10 kilogramos de cascará de sandía. Para garantizar la integridad de las muestras para su futuro análisis, se emplearon recipientes como método de almacenamiento temporal durante el transporte y la fase previa al acondicionamiento final.

c) Muestreo: El tipo de muestreo es no probabilístico, fue de tipo intencional. El muestreo no probabilístico no depende de la probabilidad, la estadística o

procesos mecánicos. Su fundamento principal radica en las características específicas que el estudio considera importante (Hernández-Sampieri et al., 2015).

3.6.Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Equipos, materiales, instrumentos y reactivos

a) Equipos

Tabla 2

Equipos utilizados para la extracción de pectina.

Equipos	Marca	Modelo
Espectrofotómetro	Jenway	6715
Balanza analítica	Kern	AEJ 200-4CM
Molino tipo Wiley	Labotec	MA-360
Tamizador	Wstyler	RX-29-16
Estufa de secado	Selecta	2000200
Analizador de humedad	Radwag	RS-232
Potenciómetro	HANNA	HI991001
Congeladora	Haier Biomedical	DW-40L92
Balanza de precisión	Bioevopeak®	serie BP – 2C
Envasadora al vacío	Grondoy	EV28-00049

b) Materiales e instrumentos

- Probeta 25, 50mL
- Matraces Erlenmeyer de 125 y 250mL
- Fiolas 10, 50, 5000 mL
- Vasos de precipitados 10, 50, 250 y 500 mL
- Crisoles de porcelana
- Tubos de ensayo
- Espátula
- Pinzas de metal y de madera
- Termómetro
- Gradilla de laboratorio
- Cuaderno de registro.
- Ficha de registros experimentales.

c) Utensilios y otros

- Bolsa de polietileno alta densidad
- Recipientes de acero inoxidable
- Papel toalla y papel tisú
- Cuchillos no dentados
- Manguera de silicona
- Papel Whatman
- Papel Kraft

d) Materia prima, insumos y reactivos

Tabla 3

Materia prima y reactivos empleados en la extracción de pectina.

Materia prima	Reactivos
Cáscara de sandía	▪ Etanol ▪ Carbazol ▪ Agua destilada

f) Materiales y equipos de escritorio

- Marcador indeleble
- Cinta masking
- Engrampador
- Perforador
- Papel bond
- Lapiceros
- Laptop
- Tijera
- Lápiz

3.6.2. Extracción de pectina

a) Pretratamiento de la cascara de sandía

Las cáscaras obtenidas del fruto de la sandía, se trituraron, para eliminar los azúcares solubles, para la inactivación de los microorganismos y para desnaturalizar las enzimas, serán sumergidas en agua destilada a 70°C durante 1 minuto con agitación magnética. Posteriormente se deshidrataron durante 12 horas a una temperatura de 60°C. Finalmente, se redujeron el tamaño de partícula hasta obtener un polvo fino tipo harina (menor a 0,5 mm). La harina fue almacenada en bolsas de plástico a 25°C para su uso posterior.

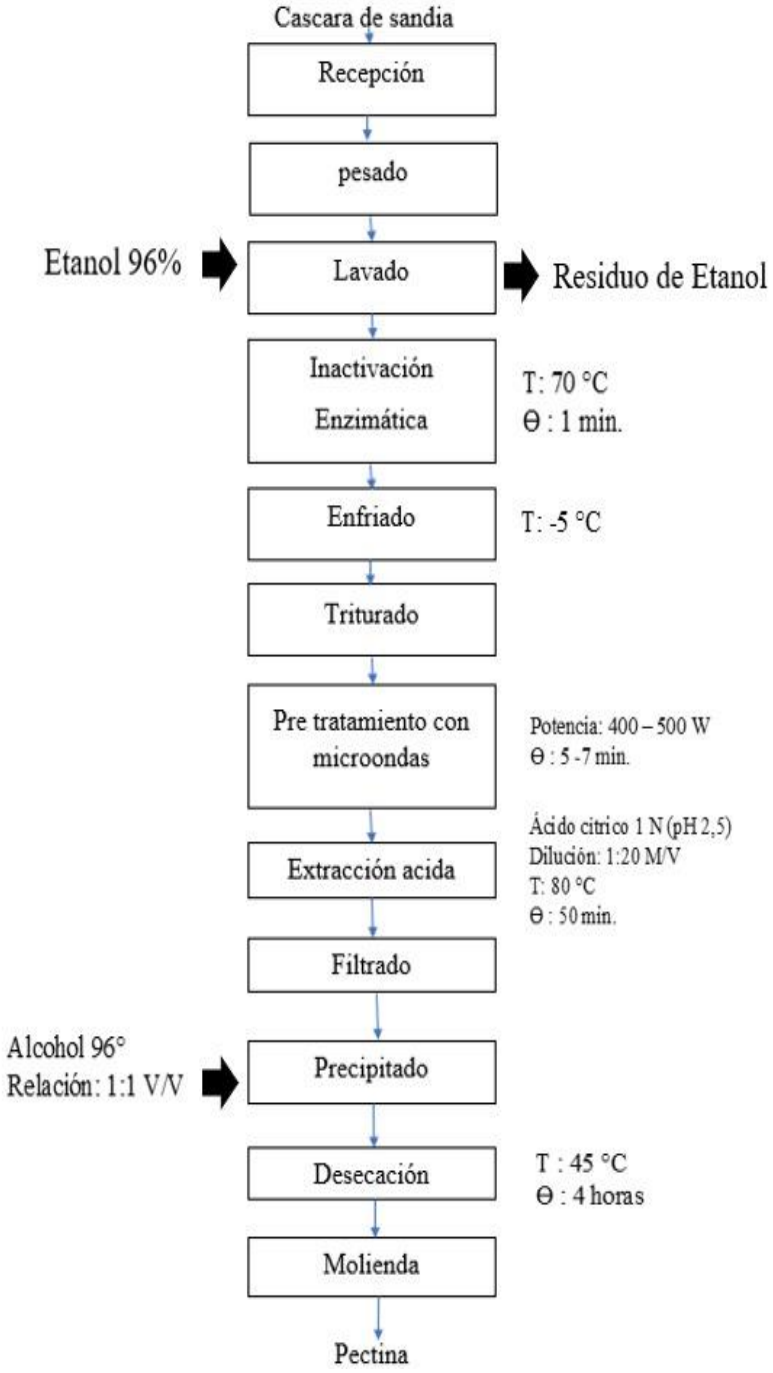
b) Extracción ácida de pectina con asistencia de microondas

Para la extracción de la pectina se utilizó un ácido orgánico (ácido cítrico; pH 2,5) bajo las condiciones de tiempo (5-7 minutos), temperatura de extracción (80°C) y potencia (400 – 500 W). La relación sólido-líquido fue de 1:20 (g/mL). Al finalizar la extracción, se recuperó el líquido por medio de filtración y se dejó enfriar hasta llegar a 25°C. Posteriormente, al líquido residual se agregó el mismo volumen de etanol al 96% para precipitar la pectina y se dejó coagular durante 18 h a 4°C. La pectina coagulada se recuperó por medio de filtración y se lavó con etanol al 96% para eliminar sales, azúcares y residuos del solvente de extracción hasta que el líquido del lavado presentó un pH mayor a 4. Finalmente, se procede a secar en un horno de convección hasta peso constante a 45°C por 4 h.

3.6.3. Operaciones para obtener pectina a base de cáscara de sandía con asistencia de microondas

Figura 3

Diagrama de flujo de extracción de pectina a base de cascara de sandía con asistencia de microondas



a) Recepción

Se recepcionó 10 kg de residuo de sandía,

b) Pesado

Se procedió al pesado de la cáscara de sandía.

c) Lavado

Los residuos fueron lavadas con abundante agua para reducir las impurezas.

d) Inactivación enzimática

La inactivación se realizó mediante escaldado térmico, sumergiendo las cáscaras previamente lavadas y cortadas en agua a 70°C durante 1 minuto. Este tratamiento desnaturaliza las enzimas, preservando la estructura de la pectina.

e) Enfriado

Posteriormente, las cáscaras se enfriaron rápidamente a menos de 5°C para detener cualquier actividad enzimática residual.

f) Triturado

Se realizó con la ayuda de una licuadora, para obtener un producto homogéneo.

g) Pre tratamiento con microondas

La muestra se colocó en un reactor de microondas, en donde se aplicó una potencia moderada (400 – 500 W) durante 5 - 7 minutos; en este proceso la energía de las microondas induce una hidrólisis térmica parcial, ablandando la matriz vegetal y aumentando la permeabilidad celular.

h) Extracción acida

Se utilizo ácido cítrico en concentraciones de 1 N (pH 2,5); a una proporción sólido-líquido 1:20 (peso de cáscara/volumen de ácido), a una temperatura de 80°C y tiempo de 50 minutos bajo agitación constante (rompe enlaces de la pared celular).

i) Filtrado

Se realizó el filtrado para separar la materia sólida y líquido.

j) Precipitado

Se empleo alcohol 96°, el cual crea un gel precipitando, al fondo del recipiente separando el gel usando (pera de decantación).

k) Desecación

Se empleo una estufa, con una temperatura de 45°C por un tiempo de 4 horas.

l) Molienda

Para este proceso se empleó un molino wiley pequeño.

m)Pectina

El producto final se almaceno en envases de vidrio de color ámbar, en una campana de desecación.

3.6.4. Determinación del rendimiento de pectina

Para determinar el rendimiento en porcentaje se realizó mediante la siguiente fórmula propuesta por Sommano et al. (2018)

$$Rendimiento\ (\%) = \frac{Pectina\ seca\ (g)}{peso\ de\ materia\ prima\ (g)} \times 100\%$$

3.6.5. Determinación de las características fisicoquímicas de la pectina

a. Humedad: Para calcular el contenido de humedad de las muestras se realizó con la balanza determinadora de humedad.

b. Peso equivalente: Para este cálculo se registró 0,5 gramos de la muestra de pectina de residuo de sandía en un Erlenmeyer de 250 ml, luego se colocó en la muestra de pectina 0,5 ml de etanol a 96 % (v/v), después se agregó 100 ml de agua destilada, seguidamente a esta muestra se añadieron 6 gotas de fenolftaleína y se procedió a agitar y titular con hidróxido de sodio 0,1 N hasta cambiar el color inicial de amarillo a rojizo.

Aplicando la técnica de Owens et al. (1952), da como resultado una solución de color rojizo, esto se debe a que se tituló con hidróxido de sodio 0,1 N hasta obtener el color rojo.

$$Peso\ equivalente = \frac{mg\ componente\ ácido}{meq.NaOH}$$

Donde:

$mg\ componente$ ácido = $Tamaño\ de\ la\ muestra\ en\ miligramos$

$meq.NaOH = Miliequivalentes\ de\ hidróxido\ de\ sodio\ gastados\ en\ la\ titulación$

c. Acidez libre

Para el cálculo de la acidez libre se aplicó los miliequivalentes gastados en la titulación del peso equivalente y se aplicó la siguiente fórmula.

$$Acidez\ libre\ (meq\ BaCO_3) = \frac{meq.NaOH}{g\ componente\ ácido}$$

Donde:

$meq.NaOH$ = *Miliequivalentes de hidróxido de sodio gastados en la titulación* $g\ componente$ *ácido* = *Tamaño de la muestra en gramos*

d. Grado de metoxilo

Se empleo la solución obtenida anteriormente agregando 25 ml de hidróxido de sodio a 0,1 N, agitándolo y dejándolo reposar por un tiempo de 30 minutos, luego procedió a colocar 25 ml de ácido clorhídrico 0,25 N, agitando se tituló con hidróxido de sodio a 0,1 N hasta obtener una coloración rojiza permanente por un tiempo de 20 segundos, se aplicó la siguiente fórmula de Owens et al., (1952).

$$Metoxilo\ (\%) = \frac{meq\ de\ NaOH\ x\ PM\ del\ metoxilo}{peso\ de\ la\ muestra\ en\ mg}\ X\ 100$$

Donde:

$meq.\ de\ NaOH$=*Miliequivalentes de hidróxido de sodio gastados en la titulación* $PM\ del\ metoxilo$ = *Peso molecular del metoxilo* (CH_3O)

$peso\ de\ la\ muestra$=*miligramos de la muestra*

e. Grado de esterificación

Se calculó en base a los meq gastados de NaOH en la determinación de acidez libre y contenido de metoxilo (Owens et al., 1952).

$$Grado\ de\ esterificación\ (\%) = \frac{meq\ B}{(meq\ A + meq\ B)}\ X\ 100$$

Donde:

meq A = miliequivalentes de NaOH a 0,1 N usados en la determinación de la acidez libre.

meq B= miliequivalentes de NaOH a 0,1 N usados en la determinación del contenido de metoxilo.

3.7. Tratamiento estadístico de datos o procesos de argumentación científica

Para el procesamiento de datos de la presente investigación, se utilizó un diseño factorial, con tres repeticiones. Para la recolección de datos se empleó el software estadístico Minitab donde se realizó el procesamiento de los datos obtenidos, los análisis descriptivos iniciales, las pruebas estadísticas, visualización de los datos obtenidos y por último la interpretación de los datos.

IV.RESULTADOS

4.1.Caracterización de la materia prima

En la Tabla 4, se muestran los resultados de las características físicas del residuo proveniente del fruto de sandía:

Tabla 4

Características físicas del residuo de Citrullus lanatus

Componentes	Resultados
Humedad (%)	94,25±0,10
SST* (°Brix)	3,12±0,03
pH	5,80±0,02
Acidez titulable (%)	0,26±0,02

*SST: Solidos solubles totales

4.2. Evaluación del efecto de la asistencia de microondas en la hidrólisis ácida sobre el rendimiento de pectina a partir del residuo de *Citrullus lanatus*

Los resultados del rendimiento de pectina a partir de cáscara de sandía mediante hidrólisis ácida con la asistencia de microondas se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5

Rendimiento de la pectina obtenida a partir de residuo de sandía

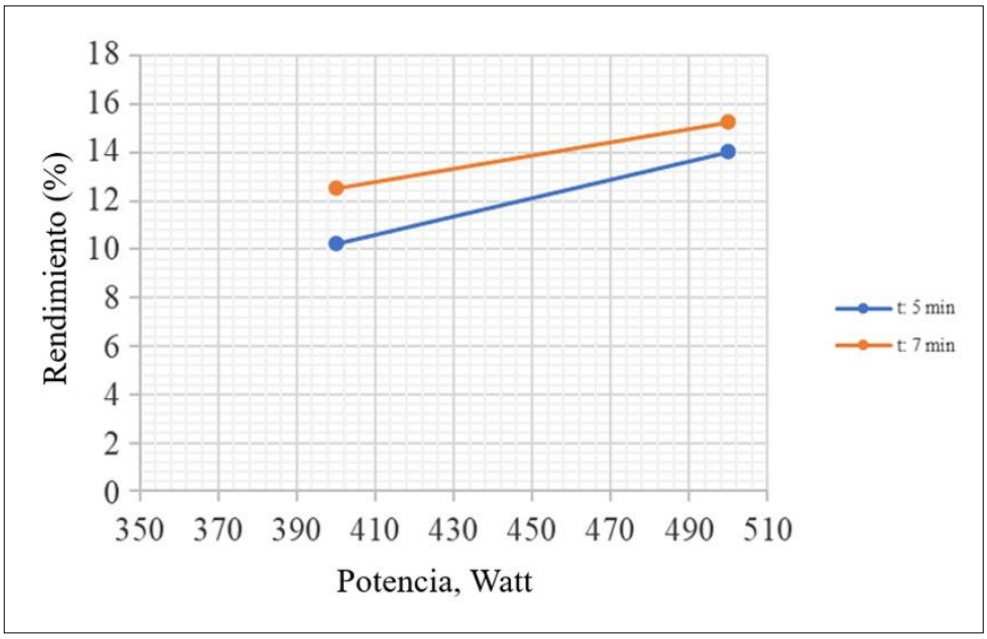
Tratamiento	Tiempo (min)	Potencia (W)	Rendimiento (%)
T1	5	400	10,24±0,01[a]
T2	7	400	12,54±0,03[b]
T3	5	500	14,04±0,05[c]
T4	7	500	15,25±0,02[d]

Donde: T1: Tratamiento 1, Tiempo (5 min), Potencia (400 W); T2: Tratamiento 2, Tiempo (7 min), Potencia (400 W); T3: Tratamiento 3, Tiempo (5 min), Potencia (500 W); y T4: Tratamiento 4, Tiempo (7 min), Potencia (500 W).

De los resultados se observa que el tratamiento T4 reporto un mayor rendimiento (15,25 %), esto se obtuvo con los factores de tiempo (7 minutos) y de potencia (500 watts) de microondas.

Figura 2

Rendimiento de extracción de pectina del residuo de sandía en función al tiempo y potencia



Nota. Porcentaje de rendimiento de pectina en función de las variables de estudio.

Los resultados analizados mediante análisis de varianza - ANVA con un nivel de significancia del 5 %, mostrados en la Tabla 6, se indica que existen diferencias estadísticas significativas en los factores, tiempo (A), potencia (B) y sus interacciones, es decir, afectan al rendimiento obtenido.

La prueba de significación de Tukey al 5 % (Anexo 3), detectó diferencias significativas entre las medias a distintos tiempos y potencia.

Tabla 6

Resultados del Análisis de varianza de rendimiento de pectina del residuo de Citrullus lanatus

Fuente	GL	SC Ajuste	MC Ajuste	Valor F	Valor p
A: Tiempo	1	9,2401	9,2401	9900,08	0,000
B: Potencia	1	31,9154	31,9154	34195,08	0,000
Interacciones	1	0,8911	0,8911	954,72	0,000
A * B	1	0,8911	0,8911	954,72	0,000
Error	8	0,0075	0,0009		
Total	11	42,0540			

4.3. Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de las pectinas extraídas del residuo de *Citrullus lanatus*

A continuación, se presenta los resultados del conjunto de análisis y técnicas de laboratorio diseñadas para caracterizar de manera exhaustiva las propiedades fisicoquímicas de la pectina obtenida a partir del residuo de sandía.

4.3.1. Humedad

Tabla 7

Porcentaje de humedad de la pectina extraída de residuo de sandía

Tratamiento	Tiempo (min)	Potencia (W)	Humedad (%)
T1	5	400	$4,20\pm0,05^{a}$
T2	7	400	$4,08\pm0,05^{b}$
T3	5	500	$3,66\pm0,02^{c}$
T4	7	500	$3,22\pm0,02^{d}$

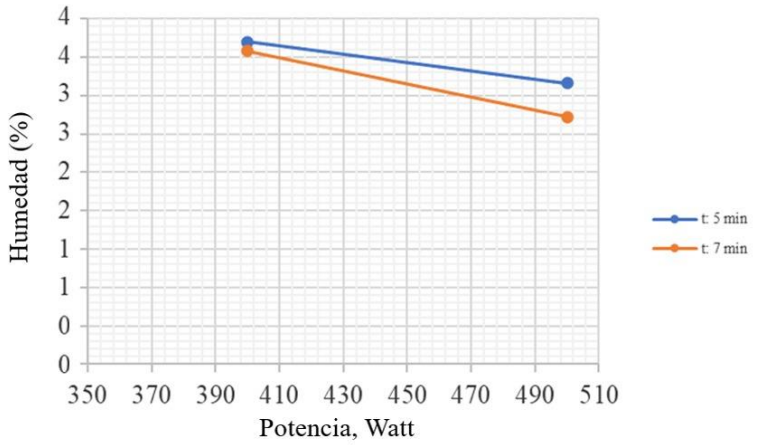
De la Tabla 7, se muestra a que el aumento de potencia y tiempo reduce significativamente la humedad.

Los valores promedio de humedad (%) presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. El tratamiento T1 (5 min – 400 W) registró el mayor contenido de humedad, mientras que T4 (7 min – 500 W) mostró el valor más bajo.

Letras distintas indican diferencias estadísticas según la prueba de comparación aplicada.

Figura 3

Porcentaje de humedad de la pectina extraída a partir del residuo de sandía en función al tiempo y potencia



Analizando los resultados de la Tabla 8, que representa al análisis de varianza del porcentaje de humedad se deduce que de los dos factores evaluados el factor A (tiempo) y B (potencia) tienen un impacto estadísticamente significativo en la humedad de pectina. Así mismo, la prueba de Tukey demuestra la diferencia entre los tratamientos evaluados (Anexo 3).

Tabla 8

Resultados del Análisis de varianza de humedad de pectina del residuo de Citrullus lanatus

Fuente	GL	SC Ajuste	MC Ajuste	Valor F	Valor p
A: Tiempo	1	0,23241	0,23241	328,11	0,000
B: Potencia	1	1,46301	1,46301	2065,42	0,000
Interacciones	1	0,07841	0,07841	110,69	0,000
A * B	1	0,07841	0,07841	110,69	0,000
Error	8	0,00567	0,00071		
Total	11	1,77949			

4.3.2. Peso equivalente

Tabla 9

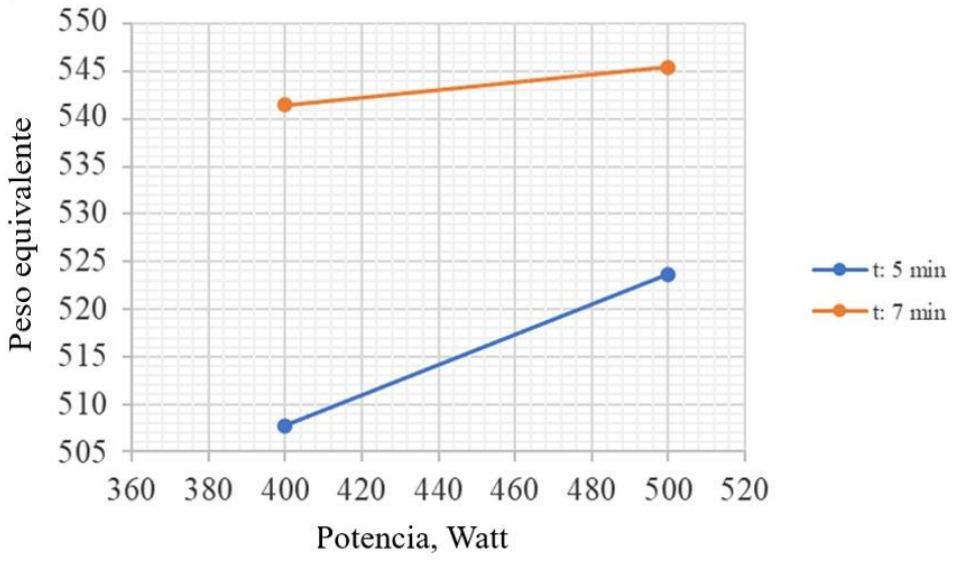
Peso equivalente de la pectina extraída de residuo de sandía

Tratamiento	Tiempo (min)	Potencia (W)	Peso equivalente (mg/meq)
T1	5	400	507,73±1, 49a
T2	7	400	541,48±3,35^{b}
T3	5	500	523,70±3,23^{c}
T4	7	500	545,45±3,44^{c}

Los valores de peso equivalente (mg eq) mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. El tratamiento T3 (5 min – 500 W) registró el mayor valor, seguido de T4 (7 min – 500 W). En contraste, T1 (5 min – 400 W) presentó el menor peso equivalente. Letras distintas indican diferencias estadísticas según la prueba de comparación aplicada.

Figura 4

Peso equivalente de la pectina extraída a partir del residuo de sandía en función al tiempo y potencia



Analizando los resultados de la Tabla 10, que representa al análisis de varianza del peso equivalente se deduce que de los dos factores evaluados factor A y B presenta diferencia significativa entre sus medias.

Tabla 10

Resultados del Análisis de varianza de peso equivalente de pectina del residuo de Citrullus lanatus

Fuente	GL	SC Ajuste	MC Ajuste	Valor F	Valor p
A: Tiempo	1	2309,91	2309,91	259,34	0,000
B: Potencia	1	298,30	298,30	33,49	0,000
Interacciones	1	107,82	107,82	12,11	0,000
A * B	1	107,82	107,82	12,11	0,000
Error	8	71,26	8,91		
Total	11	2787,29			

4.3.3. Acidez libre

Tabla 11

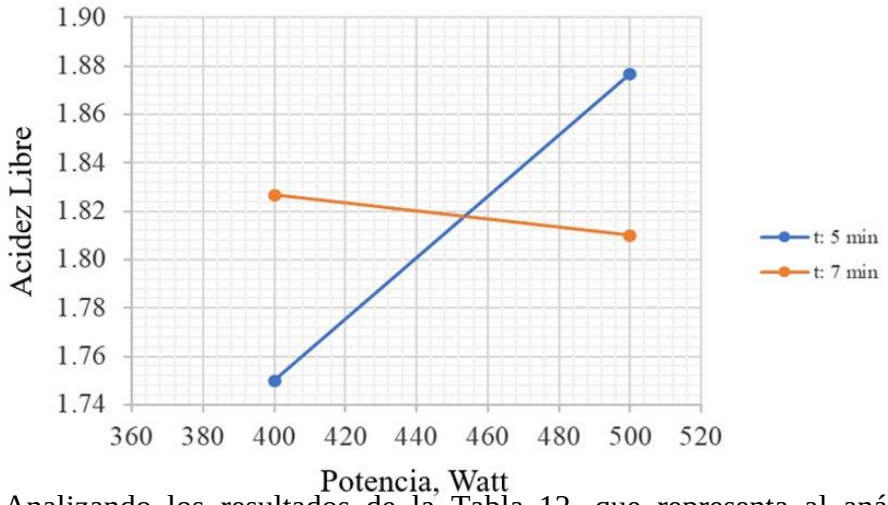
Acidez libre de la pectina extraída de residuo de sandía

Tratamiento	Tiempo (min)	Potencia (W)	Acidez libre (meq Carboxilos libres/g)
T1	5	400	1,75±0,03[a]
T2	7	400	1,83±0,02[ab]
T3	5	500	1,88±0,02[ab]
T4	7	500	1,81±0,01[b]

Los valores de acidez libre (meq $BaCO_3$/g) presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T1 (5 min – 400 W) registró el menor valor de acidez, mientras que T2, T3 y T4 mostraron incrementos, manteniéndose en un mismo grupo estadístico. Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de comparación aplicada.

Figura 5

Acidez libre de la pectina extraída a partir del residuo de sandía en función al tiempo y potencia



Analizando los resultados de la Tabla 12, que representa al análisis de varianza de acidez libre se deduce que, de los dos factores evaluados, ninguno presenta diferencia significativa entre sus medias.

Tabla 12

Resultados del Análisis de varianza de acidez libre de pectina del residuo de Citrullus lanatus

Fuente	GL	SC Ajuste	MC Ajuste	Valor F	Valor p
A: Tiempo	1	0,000075	0,000075	0,20	0,663
B: Potencia	1	0,009075	0,009075	24,75	0,001
Interacciones	1	0,015408	0,015408	42,02	0,000
A * B	1	0,015408	0,015408	42,02	0,000
Error	8	0,002933	0,000367		
Total	11	0,027492			

4.3.4. Grado de metoxilo

Tabla 13

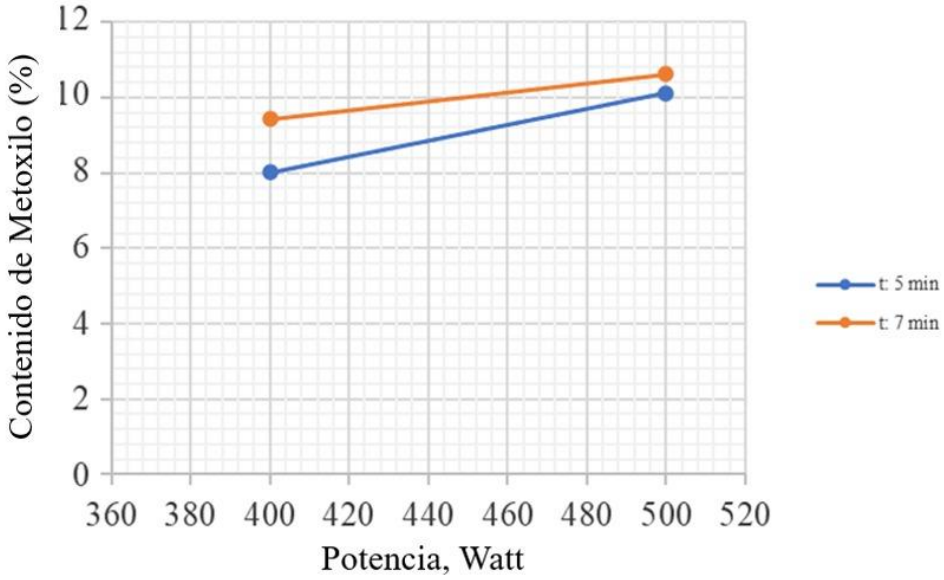
Contenido de metoxilo de pectina a parir de resíduo de sandía

Tratamiento	Tiempo (min)	Potencia (W)	Contenido de metoxilo (%)
T1	5	400	8,02±0,01[a]
T2	7	400	9,43±0,03[b]
T3	5	500	10,12±0,02[c]
T4	7	500	10,63±0,01[d]

Los valores de contenido de metoxilo (%) mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. El tratamiento T1 (5 min – 400 W) registró el menor porcentaje de metoxilo, mientras que T4 (7 min – 500 W) presentó el valor más alto. Letras distintas indican diferencias estadísticas según la prueba de comparación aplicada.

Figura 6

Grado de metoxilo de la pectina extraída a partir del residuo de sandía en función al tiempo y potencia



Analizando los resultados de la Tabla 14, que representa al análisis de varianza del grado de metoxilo se deduce que de los dos factores evaluados el factor A y B presenta diferencia significativa entre sus medias.

Tabla 14

Resultados del Análisis de varianza de contenido de metoxilo de pectina del residuo de Citrullus lanatus

Fuente	GL	SC Ajuste	MC Ajuste	Valor F	Valor p
A: Tiempo	1	2,7552	2,7552	8935,81	0,000
B: Potencia	1	8,1840	8,1840	26542,73	0,000
Interacciones	1	0,6030	0,6030	1955,70	0,000
A * B	1	0,6030	0,6030	1955,70	0,000
Error	8	0,0025	0,00031		
Total	11	11,5447			

4.3.5. Grado de esterificación

Esta característica determina las propiedades funcionales de las pectinas, especialmente su capacidad de gelificación.

Tabla 15

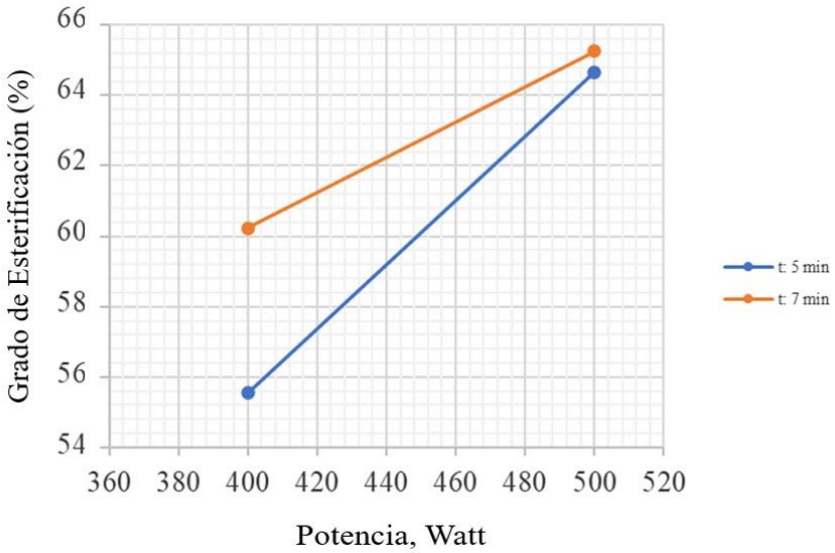
Grado de esterificación de la pectina extraída a partir del residuo de sandía en función al tiempo y potencia

Tratamiento	Tiempo (min)	Potencia (W)	Grado de esterificación (%)
T1	5	400	$55,54\pm0,02^{a}$
T2	7	400	$60,23\pm0,02^{b}$
T3	5	500	$64,66\pm0,02^{c}$
T4	7	500	$65,26\pm0,03^{d}$

Los valores del grado de esterificación (%) mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T1 (5 min – 400 W) presentó el menor porcentaje de esterificación, mientras que T4 (7 min – 500 W) alcanzó el valor más alto. Las letras distintas indican diferencias estadísticas según la prueba de comparación aplicada.

Figura 7

Grado de esterificación de la pectina extraída a partir del residuo de sandía en función al tiempo y potencia



Como se puede observar en la Tabla 15 el grado de esterificación presento una variación entre 55,54% y 65,26% los valores más altos se presentaron en el tratamiento "T4" y los valores más bajos se reportan en el tratamiento "T1". De acuerdo con los datos, la pectina obtenida a partir de residuos de sandía se clasifica como de alto metoxilo, pues en cada tratamiento se observó una esterificación superior al 50% en sus residuos de ácido poligalacturónico.

Tabla 16

Resultados del Análisis de varianza de contenido de metoxilo de pectina del residuo de Citrullus lanatus

Fuente	GL	SC Ajuste	MC Ajuste	Valor F	Valor p
A: Tiempo	1	20,962	20,962	44129,75	0,000
B: Potencia	1	150,379	150,379	316587,79	0,000
Interacciones	1	12,526	12,526	26369,75	0,000
A * B	1	12,526	12,526	26369,75	0,000
Error	8	0,004	0,000		
Total	11	183,870			

V. DISCUSIÓN

5.1. Análisis del rendimiento de pectina a partir del residuo de *Citrullus lanatus*, obtenido mediante hidrólisis acida con asistencia de microondas

De acuerdo a la tabla 5 y figura 2, el mejor porcentaje de extracción fue de 15,25% a un tiempo de 7 minutos y a una potencia de 500 watts, la temperatura constante fue de 80 °C. Por otro lado, el valor inferior se obtuvo a un tiempo de 5 minutos a una potencia de 400 watts. El mejor valor resultó siendo menor a lo reportado por Forouhar et al. (2023), 19,08% de extracción a una potencia de 300 W y a un tiempo de 20 minutos en la cáscara de sandía. Resaltar que el tiempo corto (7 min) y la alta potencia (500 W) favorecieron la extracción eficiente de pectina. Esto concuerda con Maran et al. (2017), quienes observaron que tiempos prolongados (>10 min) degradan las cadenas de pectina, reduciendo el rendimiento. En su estudio con cáscara de cítricos, reportaron un máximo de 14,8% a 600 W y 5 min, sugiriendo que una mayor potencia acelera la liberación de pectina, pero requiere optimización para evitar sobrecalentamiento (Maran et al., 2017). En contraste, nuestro trabajo muestra que, incluso con menor potencia (500 W), un equilibrio entre tiempo y energía mejora la eficiencia.

Por otro lado, la temperatura constante de 80 °C fue crítica para evitar la desesterificación de grupos metoxilo, preservando así la calidad de la pectina. Koubala et al. (2008) destacan que temperaturas superiores a 85 °C disminuyen el grado de metoxilo, afectando la funcionalidad de la pectina. En su investigación con subproductos de mango, obtuvieron un 12,6% de extracción a 80 °C, pero con tiempos similares a 15 minutos (Koubala et al., 2008). El resultado (15,25%) sugiere que combinar alta potencia con tiempos reducidos optimiza el rendimiento sin comprometer la estabilidad térmica.

Realizando la comparación con otras materias primas, como la investigación realizada por Wang et al. (2020) extrajeron pectina de bagazo de manzana (18,3%) usando ultrasonido a 400 W y 70 °C, pero con un tiempo mayor (20 min). La diferencia en el rendimiento podría deberse a la mayor disponibilidad de polisacáridos en la manzana frente a la sandía, aunque nuestro el método aplicado demostró ser más rápido y energéticamente eficiente (Wang et al., 2020). Esto resalta la importancia de adaptar los parámetros de extracción según la matriz vegetal.

5.2. Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de las pectinas extraídas del residuo de *Citrullus lanatus.*

Respecto a las características fisicoquímicas obtenidas se realizó las comparaciones y diferencias con investigaciones similares:

a. Humedad

Los resultados obtenidos muestran una clara relación inversa entre las condiciones de extracción (tiempo, potencia) y el porcentaje de humedad de la pectina. El tratamiento T4 (7 min, 500 W) presentó el menor contenido de humedad (3,22%), mientras que el T1 (5 min, 400 W) mostró el valor más alto (4,20%). Maran et al. (2017) demostraron que el aumento de potencia en extracciones asistidas por microondas reduce significativamente el contenido de humedad en pectinas. En su estudio con cáscaras de cítricos, observaron que, al incrementar la potencia de 300 a 600 W, la humedad disminuyó de 5,1% a 2,9%, debido a una mayor eficiencia en la ruptura de enlaces agua-matriz vegetal. Esto coincide con los resultados obtenidos, donde al elevar la potencia de 400 a 500 W (comparando T1-T3 y T2-T4), la humedad se redujo en un 12,8 – 21,0%. La energía térmica más intensa promueve una evaporación más eficiente del agua residual durante el secado posterior a la extracción.

Por otro lado, Koubala et al. (2008) destacan que tiempos prolongados de exposición a calor favorecen la eliminación de agua ligada a la estructura de la pectina. En su investigación con residuos de mango, reportaron una disminución del 3,8% al 2,5% de humedad al extender el tiempo de 5 a 10 min a 80 °C. Nuestros datos replican este fenómeno: al aumentar de 5 a 7 min (T1-T2 y T3-T4), la humedad bajó entre 2,9% y 12,0%. Sin embargo, es crucial evitar tiempos excesivos que puedan degradar los polisacáridos, como advierte Wang et al. (2020).

b. Peso equivalente

El incremento en el peso equivalente (PE) desde T1 (507,73 mg/meq) hasta T4 (545,45 mg/meq) sugiere que condiciones más intensas (mayor tiempo y potencia) favorecen la obtención de pectinas con mayor peso molecular. Maran et al. (2017) reportaron un comportamiento similar en pectinas de cáscara de sandía, donde el PE aumentó de 495 a 535 mg/meq al elevar la potencia de 400

a 600 W. Este fenómeno se atribuye a la extracción selectiva de cadenas poliméricas más largas bajo condiciones energéticas más altas, las cuales requieren mayor energía para liberarse de la matriz vegetal.

En contraste, Koubala et al. (2008) observaron valores menores (450-490 mg/meq) en pectinas de mango extraídas con métodos convencionales, lo que resalta la eficiencia de las técnicas asistidas por microondas (como las empleadas en este estudio) para preservar la integridad estructural de las pectinas.

Los valores obtenidos en la investigación desarrollada son superiores a los reportados por Wang et al. (2020) para pectinas de bagazo de manzana (480-510 mg/meq), pero inferiores a los documentados por Yapo et al. (2007) para pectinas de pulpa de sandía (550-580 mg/meq). Esta diferencia podría deberse a la localización de la pectina en la materia prima y el pretratamiento empleado.

c. Acidez libre

Los resultados de acidez libre (1,75 – 1,88 meq carboxilos libres/g) obtenidos para la pectina de residuos de sandía bajo diferentes condiciones de extracción revelan variaciones significativas relacionadas con los parámetros de tiempo y potencia. El tratamiento T3 (5 min, 500 W) mostró el valor más alto de acidez libre (1,88 meq/g), mientras que T1 (5 min, 400 W) presentó el más bajo (1,75 meq/g). Esta tendencia sugiere que la potencia influye más que el tiempo en la liberación de grupos carboxilos. Maran et al. (2017) observaron un comportamiento similar en pectinas de cáscara de sandía, donde incrementar la potencia de 400 a 600 W elevó la acidez libre de 1,70 a 1,95 meq/g, atribuyéndolo a una mayor ruptura de enlaces éster en los grupos metoxilo. Sin embargo, en el estudio desarrollado, el tratamiento TTP4 (7 min, 500 W) mostró una ligera disminución (1,81 meq/g) comparado con T3, indicando que tiempos prolongados a alta potencia promueven recombinaciones estructurales que reducen la disponibilidad de carboxilos libres.

Los valores obtenidos son consistentes con los reportados por Koubala et al. (2008) para pectinas de mango (1,65-1,90 meq/g), pero inferiores a los documentados por Yapo et al. (2007) para pulpa de sandía (2,00 – 2,20 meq/g).

d. Grado de metoxilo

Los resultados del contenido de metoxilo (CM) de la pectina obtenida de residuos de sandía muestran un rango entre 8,02% y 10,63%, con una clara tendencia ascendente al incrementar tanto el tiempo como la potencia de extracción. El tratamiento T4 (7 min, 500 W) presentó el mayor CM (10,63%), mientras que T1 (5 min, 400 W) mostró el valor más bajo (8,02%). Esta variación sugiere que condiciones más energéticas favorecen la preservación de grupos metoxilo (-OCH_3). Maran et al. (2017) reportaron hallazgos similares en pectinas de cáscara de sandía, donde el CM aumentó de 7,8% a 10,5% al elevar la potencia de 400 a 600 W, atribuyéndolo a una menor degradación térmica de los grupos éster bajo exposiciones cortas pero intensas. En contraste, Koubala et al. (2008) observaron que tiempos prolongados (>10 min) reducen el CM debido a la desesterificación hidrolítica.

Los valores obtenidos son superiores a los documentados por Yapo et al. (2007) para pectinas de bagazo de sandía (6,5 – 8,0%), pero inferiores a los de pulpa de sandía (12-14%) reportados por el mismo autor. Esta diferencia puede deberse a la composición tisular de la materia prima empleada, debido a que tienen menor contenido inicial de grupos metoxilo que la pulpa (Yapo et al., 2007).

e. Grado de esterificación

Los resultados muestran que el grado de esterificación (DE) de la pectina extraída de residuos de sandía varía entre 55,54% y 65,26%, con una clara tendencia ascendente al incrementar tanto el tiempo como la potencia de extracción. La pectina obtenida en todos los tratamientos cumple con el criterio de clasificación de pectinas de alto metoxilo (DE>50%).

El tratamiento T4 (7 min, 500 W) presentó el mayor DE (65,26%), mientras que T1 (5 min, 400 W) mostró el valor más bajo (55,54%). Esta variación sugiere que condiciones más energéticas favorecen la preservación de los grupos éster. Maran et al. (2017) observaron un comportamiento similar en pectinas de cáscara de sandía, donde el DE aumentó de 52% a 63% al incrementar la potencia de 400 a 600 W, atribuyéndolo a una menor hidrólisis de los grupos metoxilo bajo condiciones de microondas. Por otro lado, Koubala et al. (2008) reportaron que tiempos prolongados (>10 min) reducen el DE debido a la desesterificación térmica.

Los valores obtenidos son consistentes con los reportados por Yapo et al. (2007) para pectinas de pulpa de sandía (58-67%), pero superiores a los documentados por Wang et al. (2020) para cáscara de sandía (48-57%). Esta diferencia puede deberse a la variedad, así mismo, a la diferencia de potencia emitida por el microondas (500 W), minimizando la degradación de ésteres comparado con métodos ácidos convencionales (Wang et al., 2020).

V. CONCLUSIONES

- La hidrólisis ácida asistida con microondas demostró ser un método eficiente para la extracción de pectina a partir de residuos de *Citrullus lanatus*. Los factores de tiempo y potencia (7 minutos y 500 W) permitieron obtener un rendimiento máximo del 15,25±0,02%; superior al reportado en estudios con métodos convencionales.
- Según los análisis fisicoquímicos la pectina muestra valores (55,54 – 65,26%) de DE clasificándolo como pectina de alto metoxilo. Además, se logró caracterizar la pectina de alto rendimiento obteniendo los siguientes datos; peso equivalente (545,45 ± 3,44 mg/meq), acidez libre (1,81 ± 0,01 meq carboxilos libres/g), contenido de metoxilo (10,63 ± 0,01%), y grado de esterificación (65,26 ± 0,032%).

VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar el método hidrólisis ácida con diferentes asistencias (ultrasonido, microondas, entre otros), en la extracción de pectina a partir de residuo de sandía, con la finalidad de obtener un mejor rendimiento al obtenido en la presente investigación.
- Realizar un análisis mediante espectroscopía infrarroja para verificar que las pectinas obtenidas presenten características de alto metoxilo, elevada pureza y buena calidad.

- Con la finalidad de continuar la investigación, se sugiere incorporar la pectina obtenida del residuo de la sandía en diversas formulaciones de alimentos, con el objetivo de analizar su impacto en la textura, propiedades reológicas y actividad biológica de los productos resultantes.

VII. REFERENCIAS

Canteri-Schemin, M. H., Fertonani, H. C. R., Waszczynskyj, N., & Wosiacki, G. (2018). Extraction of pectin from apple pomace. Brazilian Archives of Biology and Technology, 48(2), 259-266.

Collins, J. K., Wu, G., & Perkins-Veazie, P. (2020). Watermelon consumption increases plasma arginine concentrations in adults. Nutrition, 26(2), 114-119.

Dai, S., Li, G.; Tang, H., Li, L., Su, D., y Shan, Y. (2014). Optimización de enzimas compuestas asistidas por ultrasonidos en el proceso de extracción de pectina de la cáscara de penggan. Sci. Technol. Food Ind, 35 , 193–197.

Edwards, A. J., Vinyard, B. T., Wiley, E. R., Brown, E. D., Collins, J. K., Perkins-Veazie, P., & Clevidence, B. A. (2021). Watermelon consumption increases plasma concentrations of lycopene and β-carotene in humans. Journal of Nutrition, 133(4), 1043-1050.

FAO. (2019). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: Roma, Italia.

FAO. (2021). *Global food losses and food waste*. http://www.fao.org

FAOSTAT CROPS. Disponible en línea: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize (consultado el 24 de junio de 2024).

Flores, D., & Mozombite, F. (2023). *Extracción de pectina de dos variedades de cáscaras de sandía (Citrullus lanatus)* costeña y regional. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

Forouhar, A., Hamdami, N., Djelveh, G., Gardarin, C., Pierre, G., Ursu, AV y Michaud, P. (2023). Efecto del pretratamiento ultrasónico en la extracción de pectina de la cáscara de sandía mediante extracción asistida por microondas. *Applied Sciences*, *13* (9), 5558. https://doi.org/10.3390/app13095558

Girma, E., & Worku, T. (2016). Extraction and Characterization of Pectin From Selected Fruit Peel Waste, 6(2), 447–454.

Guerra, L. R., & Rodríguez, P. V. (2021). Economía circular y valorización de residuos agroindustriales: una revisión. Journal of Cleaner Production, 278, 123766.

Hartati, I., y Subekti, E. (2015). Microwave assisted extraction of watermelon rind pectin. International Journal of Chem Tech Research, *8*(11), 163 – 170.

https://www.researchgate.net/publication/290450075_Microwave_assisted_extraction_of_watermelon_rind_pectin

Hernandez-Sampieri, R., Fernandez-Collado, C., & Baptista-Lucio, M. del P. (2015). Metodología de la investigación (6ta ed.). México, D.F.: Ed. Mc Graw Hill.

Huerta-Reyes, M., Tavera-Hernández, R., Alvarado-Sansininea, J., & Jiménez-Estrada, M. (2022). Selected Species of the Cucurbitaceae Family Used in Mexico for the Treatment of Diabetes Mellitus. Molecules, 27(11), 3440. https://doi.org/10.3390/molecules27113440

Koubala, B. B., Mbome, L. I., Kansci, G., Mbiapo, F. T., Crepeau, M. J., Thibault, J. F., & Ralet, M. C. (2008). Physicochemical properties of pectins from ambarella peels (*Spondias cytherea*) obtained using different extraction conditions. *Food Chemistry, 106*(3), 1202-1207. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.065

Liew, S. Q., Chin, N. L., & Yusof, Y. A. (2016). Extraction and characterization of pectin from passion fruit peels. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 2, 231-236.

Liu, Y., Zheng, J., & Xu, Q. (2020). Pectin: A versatile polysaccharide with potential for food and biomedical applications. Trends in Food Science & Technology, 102, 80-90.

Mamiru, D., & Gonfa, G. (2023). Extraction and characterization of pectin from watermelon rind using acetic acid. Heliyon, 9(2), e13525. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13525

Maran, J. P., Sivakumar, V., Thirugnanasambandham, K., & Sridhar, R. (2017). Microwave assisted extraction of pectin from waste Citrullus lanatus fruit rinds. *Carbohydrate Polymers, 162*, 9-15. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.01.009

MarketWatch. (2022). *Pectin market analysis*. https://www.marketwatch.com

Marr, K., & Venable, R. (2019). Origins and evolution of watermelon (Citrullus lanatus). Annual Review of Plant Biology, 70, 125-146.

Martínez, J. C., Herrera, D. F., & Sánchez, V. M. (2021). Mejora genética en sandía: Resistencia a enfermedades y calidad del fruto. Revista de Biotecnología y Agricultura, 5(2), 67-78.

May, C. D. (1990). Industrial pectins: Sources, production and applications. *Carbohydrate Polymers, 12*(1), 79-99. https://doi.org/10.1016/0144-8617(90)90105-2

Minjares-Fuentes, R., Femenia, A., Comas-Serra, F., Rodríguez-González, V. M., & Flores-Albino, B. (2020). Extracción asistida por microondas y caracterización de pectina de cáscaras de nopal. Food Chemistry, 317, 126364.

ONU. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. https://www.un.org/sustainabledevelopment

Ovodova, R. G., Ovodov, Y. S., & Bushneva, O. A. (2017). Structural studies of pectins from the fruits of butterbur (Petasites officinalis). Carbohydrate Polymers, 78(3), 395-400.

Owens, H. S., McCready, R. M., Shepherd, A. D., Schultz, T. H., Pippen, E. L., Swenson, H. A., ... Maclay, W. D. (1952). Methods used at Western Regional Research Laboratory for extraction and analysis of pectic materials. In AIC.

Paris, H. S. (2018). Overview of the Cucurbitaceae family: Origin and classification of watermelons. Cucurbit Genetics Cooperative Report, 41, 1-10.

Pérez, J., Gómez, K., & Vega, L. (2022). Optimization and Preliminary Physicochemical Characterization of Pectin Extraction from Watermelon Rind (Citrullus lanatus) with Citric Acid. International Journal Of Food Science, 2022, 1-10. https://doi.org/10.1155/2022/3068829

Perkins-Veazie, P. (2019). Watermelon: Rich in antioxidants, minerals, and vitamins. Horticultural Reviews, 46, 125-177.

Preciado-Saldaña, A., Ruiz-Canizales, J., Villegas-Ochoa, M., Domínguez-Ávila, J., & González-Aguilar, G. (2022). Aprovechamiento de subproductos de la industria agroalimentaria. Un acercamiento a la economía circular. https://www.redalyc.org/journal/813/81373798002/html/

Rifna, E., Misra, N., y Dwivedi, M. (2021). Avances recientes en tecnologías de extracción para la recuperación de compuestos bioactivos derivados de cáscaras de residuos de frutas y verduras: Una revisión. Critical Reviews in Food Science and Nutrition , 63 (6), 719–752. https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1952923

Rodríguez, P. M., & Córdova, L. P. (2019). Optimización del proceso de extracción de pectina de cáscaras de frutas tropicales en el Perú mediante tecnología de microondas. Revista de Ingeniería y Tecnología Alimentaria del Perú, 8(1), 89-98.

Sanderson, G.R. (1996). Gums and their use in food systems. Food Technology. 50 (3): 81 - 84.

Sriamornsak, P. (2018). Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: A review. Asian Journal of Pharmaceutical Sciences, 8(6), 259-276.

Thakur, B. R., Singh, R. K., Handa, A. K., & Rao, M. A. (2019). Chemistry and uses of pectin—A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 37(1), 47-73.

Vasquez, M., & Magipo, C. (2024). Extracción de pectina a partir del desecho de sandía (*Citrillus lanatus*); y elaboración de mermelada de pomarrosa (*Syzygium malaccense*). [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

Voragen, A. G. J., Coenen, G. J., Verhoef, R. P., & Schols, H. A. (2009). Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls. Structural Chemistry, 20(2), 263-275. https://doi.org/10.1007/s11224-009-9442-z

Wang, S., Zhao, J., & Zhao, Q. (2018). Ultrasound-assisted extraction of pectin from sugar beet pulp using response surface methodology. Food Hydrocolloids, 42, 150-157.

Wang, W., Ma, X., Xu, Y., Cao, Y., Jiang, Z., Ding, T., Ye, X., & Liu, D. (2019). Ultrasound-assisted extraction of pectin from waste pomegranate peel. Food Chemistry, 170, 218-228.

Wehner, T. C. (2020). Watermelon: History, cultivation, and breeding. CABI Agriculture Series, 2, 75-102.

Yapo, B. M., Robert, C., Etienne, I., Wathelet, B., & Paquot, M. (2007). Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts. Food Chemistry, 100(4), 1356-1364. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.012

Zegada, V. (2015). Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO). Investigación & Desarrollo, 1(15), 65-76. Recuperado en 28 de septiembre de 2025, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312015000100007&lng=es&tlng=es.

Zhang, L., Chen, Y., & Fu, H. (2019). Extraction, characterization, and antioxidant activity of pectin from grapefruit peel. Journal of Food Processing and Preservation, 43(11).

Zhu, F., Du, B., & Zheng, L. (2021). Recent advances in enzymatic extraction of bioactive polysaccharides from natural sources. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 61(16), 2673-2689.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la pectina extraída a partir de residuo de *Citrullus lanatus* utilizando hidrólisis ácida asistida con microondas

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		METODOLOGÍA
			INDEPENDIENTE	DEPENDIENTE	
General • ¿Cuál es el efecto de la extracción ácida asistida con microondas en las propiedades fisicoquímicas de la pectina a partir de residuo de *Citrullus lanatus*?	**General** Evaluar el efecto de la extracción ácida asistida con microondas en las propiedades fisicoquímicas de la pectina obtenida a partir de residuo de *Citrullus lanatus.*	**Hipótesis general** La asistencia de microondas en la extracción acida maximiza las propiedades fisicoquímicas de la pectina obtenida a partir de residuo de *Citrullus lanatus.*	➢ X1: Tiempo (5 y 7 min) ➢ X2: Potencia (400 y 500 watts)	➢ Rendimiento de pectina ➢ Características fisicoquímicas de pectina	**Tipo de investigación:** Aplicada **Nivel de investigación:** Experimental **Método de investigación:** Inductivo - Deductivo **Diseño de investigación:** Experimental, porque las variables independientes poseen diferentes concentraciones para la producción de biopelículas comestible. **Población, muestra y muestreo:** ➢ **Población:** Cáscara de sandía. ➢ **Muestra:** 10 kg de cáscara de naranja.

					➢ **Muestreo:** El tipo de muestreo es no probabilístico.
Específicos ● ¿Cuál es el efecto de la asistencia de microondas en la hidrólisis acida sobre el rendimiento de pectina a partir del residuo de *Citrullus lanatus*? ● ¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas de las pectinas extraídas del residuo de *Citrullus lanatus*?	**Específicos** ● Evaluar el efecto de la asistencia de microondas en la hidrólisis acida sobre el rendimiento de pectina a partir del residuo de *Citrullus lanatus.* ● Determinar las propiedades fisicoquímicas de las pectinas extraídas del residuo de *Citrullus lanatus.*	**Hipótesis específicas** • La asistencia de microondas en la hidrólisis acida maximiza el rendimiento de pectina extraída del residuo de *Citrullus lanatus* • La extracción acida con asistencia de microondas mejora las propiedades fisicoquímicas de las pectinas extraídas del residuo de *Citrullus lanatus* respecto a extracciones sin pretratamiento.			

Anexo 2. Extracción de pectina con asistencia de microondas en hidrólisis ácida

Figura 1

Presentación de materia prima (sandía).

Figura 2

Pelado de la fruta de sandía.

Figura 3

Extracción de cáscara de sandía.

Figura 4

Lavado de cáscara de sandía.

Anexo 3. Comparaciones de Tukey

A) <u>Comparaciones para Rendimiento</u>

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Rendimiento, Término = Tiempo

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tiempo	N	Media	Agrupación
7	6	13.895	A
5	6	12.140	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de Tiempo niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor T	Valor p ajustado
7 - 5	1.755	0.182	(1.342; 2.168)	9.62	0.000

Nivel de confianza individual = 95.00%

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Rendimiento, Término = Potencia

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Potencia	N	Media	Agrupación
500	6	14.6483	A
400	6	11.3867	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de Potencia niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor T	Valor p ajustado
500 - 400	3.262	0.182	(2.849; 3.674)	17.88	0.000

Nivel de confianza individual = 95.00%

B) <u>Comparaciones para Humedad</u>

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Humedad, Término = Tiempo

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tiempo	N	Media	Agrupación
5	6	3.92833	A
7	6	3.65000	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Tiempo de medias	Diferencia diferencia	EE de 95%	IC simultáneo de Valor T ajustado	Valor p
7 - 5	-0.2783	0.0558	(-0.4046; -0.1521)	-4.99	0.001

Nivel de confianza individual = 95.00%

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Humedad, Término = Potencia

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Potencia	N	Media	Agrupación
400	6	4.13833	A
500	6	3.44000	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Potencia de medias	Diferencia diferencia	EE de 95%	IC simultáneo de Valor T ajustado	Valor p
500 - 400	-0.6983	0.0558	(-0.8246; -0.5721)	-12.51	0.000

Nivel de confianza individual = 95.00%

C) <u>Comparaciones para Peso equivalente</u>

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Peso equivalente, Término = Tiempo

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tiempo	N	Media	Agrupación
7	6	543.465	A
5	6	515.717	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Peso equivalente, Término = Potencia

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Potencia	N	Media	Agrupación
500	6	534.577	A
400	6	524.605	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

D) Comparaciones para Acidez libre

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Acidez libre, Término = Tiempo

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tiempo	N	Media	Agrupación
7	6	1.81833	A
5	6	1.81333	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Acidez libre, Término = Potencia

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Potencia	N	Media	Agrupación
500	6	1.84333	A
400	6	1.78833	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

E) Comparaciones para Contenido de metoxilo

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Contenido de metoxilo, Término = Tiempo

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tiempo	N	Media	Agrupación
7	6	10.0283	A
5	6	9.0700	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Contenido de metoxilo, Término = Potencia

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Potencia	N	Media	Agrupación
500	6	10.3750	A
400	6	8.7233	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

F) <u>Comparaciones para Grado de Esterificación</u>

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Grado de Esterificación, Término = Tiempo

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tiempo	N	Media	Agrupación
7	6	62.7450	A
5	6	60.1017	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Grado de Esterificación, Término = Potencia

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Potencia	N	Media	Agrupación
500	6	64.9633	A
400	6	57.8833	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferente.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA

Creada Por Ley N° 29652 y Ley N° 30139

FACULTAD DE INGENIERÍA

Resolución de Coordinación de Facultad N° 026-2024-UNAAT/FI

Tarma, 18 de noviembre de 2024

VISTO:

PROVEÍDO N° 0112-UNAAT/C-FI, INFORME 010-2024-UNAAT-P/EPIA-RJMY, INFORME N° 003-2024-UNAAT-KRMM/KM, MEMORANDO N° 019-2024-UNAAT/P-FI, MEMORANDO N° 022-2024-UNAAT/C-FI, INFORME N° 0010-2024-UNAAT/P-VPA-FI-UI, PROVEIDO N° 0200-UNAAT/C-FI, PROVEIDO N° 0200-UNAAT/C-FI, SOLICITUD DE BACHILLER;

CONSIDERANDO:

Que, según Ley N° 29652, modificada por la Ley N° 30139, se creó la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, como persona jurídica de derecho público; sin fines de lucro, con autonomía académica, económica, normativa y administrativa, conforme a ley;

Que, el artículo 29 de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, establece que, aprobada la ley de creación de una universidad pública, el Ministerio de Educación constituye una Comisión Organizadora y que el proceso de constitución de una universidad concluye con la designación de sus autoridades, dentro de los plazos establecidos por el Ministerio de Educación;

Que, la Ley Universitaria, Ley N° 30220, en su Art. 8° establece que, el Estado reconoce la autonomía universitaria. La autonomía inherente a las universidades se ejerce de conformidad con lo establecido en la Constitución, la presente ley y demás normas aplicables. Esta autonomía se manifiesta en los siguientes regímenes: Normativo, de Gobierno, Académico, Administrativo y Económico;

Que, el artículo 54 de la Ley Universitaria precisa de la autonomía de las Facultades que, las Facultades son las unidades de organización académica, profesional, de investigación y de gestión. Están integradas por docentes, estudiantes y graduados. Tienen autonomía académica, de investigación, administrativa y económica, y académico en los asuntos de su competencia;

Que, la Novena Disposición Complementaria del Estatuto Modificado de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma estipula que, en tanto no se constituyan los órganos de gobierno se puede designar un Coordinador de Facultad que hará las veces de Decano de Facultad;

Que, en ese contexto, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 0357-2023-UNAAT, de fecha 14 de diciembre de 2023, se resuelve designar al docente ordinario Walter Javier Cuadrado Campó como Coordinador de la Facultad de Ingeniería de la UNAAT, del 02 de enero al 30 de junio de 2024;

Que, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 0241-2024-UNAAT, de fecha 09 de agosto de 2024, se resuelve otorgar al Coordinador de la Facultad de Ingeniería … emitir acto resolutivo, enmarcado en las atribuciones de Decano de la Facultad, establecidas en la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la UNAAT;

Que, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 0278-2024-UNAAT, de fecha 04 de setiembre de 2024, se resuelve designar al docente ordinario Henry Juan Javier Ninahuaman como Secretario Docente de la Facultad de Ingeniería;

Que, a través de la Resolución de Facultad N° 0014-2024-UNAAT/FI, de fecha 03 de setiembre de 2024, se aprueba la Directiva para la Obtención del Título Profesional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma.

Que, a través del PROVEÍDO N° 0182-2024-UNAAT/C-FI, el Coordinador de la Facultad de Ingeniería solicita al responsable de la Unidad de Investigación la emisión del informe de evaluación y propuesta de asesor y coasesor del proyecto de tesis, motivado por la solicitud del Bachiller Jhon Gustavo Paredes Llanos, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial;

Que, a través del INFORME N° 0010-2024-UNAAT/P-VPA-FI-UI, el Responsable de la Unidad de Investigación concluye que el proyecto de tesis cumple con lo establecido en el item 1.2 de la Directiva para la Obtención del Título Profesional de la Facultad de Ingeniería, además propone la designación del Dr. Rafael Julián Malpartida Yapias en calidad de asesor y al Mg. Kenny Ruben Montalvo Morales en calidad de coasesor para el proyecto de tesis intitulado: Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la pectina extraída a partir del residuo de Citrullus lanatus utilizando hidrólisis ácida asistida con microondas;

Que, mediante el MEMORANDO N° 019-2024-UNAAT/C-FI el Coordinador de la Facultad de Ingeniería, solicita la aceptación como asesor de proyecto de Tesis al Dr. Rafael Julián Malpartida Yapias;

Que, mediante el MEMORANDO N° 022-2024-UNAAT/C-FI el Coordinador de la Facultad de Ingeniería, solicita la aceptación como co-asesor de proyecto de Tesis al Mg. Kenny Ruben Montalvo Morales.

Que, a través del INFORME N° 010-2024-UNAAT-P/EPIA-RJMY, el asesor da la aceptación y compromiso de asesoramiento de tesis;

Que, a través del INFORME N° 0003-2024-UNAAT-KRMM/KM, el co-asesor da la aceptación y compromiso de co-asesoramiento de tesis;

Que, en consecuencia, el Coordinador de Facultad de Ingeniería, con PROVEÍDO N° 0112-UNAAT/C-FI, dispone la emisión de la presente Resolución que designa al Asesor y co-asesor del Proyecto de Tesis intitulado: "Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la pectina extraída a partir del residuo de Citrullus lanatus utilizando hidrólisis ácida asistida con microondas";

Que, en cumplimiento del Artículo 8° de la Directiva para la Obtención del Título Profesional de Ingeniero de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma;

Que, en cumplimiento del Artículo 63° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma;

Que, de conformidad con el Artículo 68° de la Ley Universitaria N° 30220, los artículos 45 y 47 del Estatuto Modificado de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, y en cumplimiento de las normas institucionales;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- DESIGNAR al **Dr. Rafael Julián Malpartida Yapias** como **Asesor** y al **Mg. Kenny Ruben Montalvo Morales** como **Co-asesor** del Proyecto de tesis titulado: **"Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la pectina extraída a partir del residuo de Citrullus lanatus utilizando hidrólisis ácida asistida con microondas"**, presentado por el Bachiller Jhon Gustavo Paredes Llanos, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial - UNAAT.

ARTÍCULO SEGUNDO.- NOTIFICAR a la Alta Dirección, Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional y Departamento Académico de Ingeniería Agroindustrial e interesados para su conocimiento y demás fines.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA
Dr. Walter Javier Cuadrado Campó
COORDINADOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA
FACULTAD DE INGENIERÍA
SECRETARÍA DOCENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA
Dr. Henry Juan Javier Ninahuaman
SECRETARIO DOCENTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA

Creada Por Ley N° 29652 y Ley N° 30139

FACULTAD DE INGENIERÍA

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN DE FACULTAD N° 003-2025-UNAAT/FI

Tarma, 03 de marzo de 2025

VISTO:

PROVEÍDO 019-UNAAT/C-FI, INFORME N° 002-2025-UNAAT-P/EPIA-RJMY, SOLICITUD, y;

CONSIDERANDO:

Que, según Ley N° 29652, modificada por la Ley N° 30139, se creó la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, como persona jurídica de derecho público; sin fines de lucro, con autonomía académica, económica, normativa y administrativa, conforme a ley;

Que, mediante Resolución del Consejo Directivo N° 142-2018-SUNEDU/CD, de 18 de octubre de 2018, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria resolvió otorgar la licencia institucional a la UNAAT, para ofrecer el servicio educativo superior universitario, con una vigencia de seis (06) años; la misma que fue modificada con Resolución del Consejo Directivo N° 061-2022-SUNEDU/CD, de fecha 17 de junio de 2022, en el extremo de reconocer la creación de (dos) locales y el cambio de locación;

Que, el artículo 29 de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, establece que, aprobada la ley de creación de una universidad pública, el Ministerio de Educación constituye una Comisión Organizadora y que el proceso de constitución de una universidad concluye con la designación de sus autoridades, dentro de los plazos establecidos por el Ministerio de Educación;

Que, con Resolución Viceministerial N° 008-2023-MINEDU, de fecha 11 de enero de 2023, se reconforma la Comisión Organizadora de la UNAAT, integrada por los académicos Dra. Milagro Rosario Henriquez Suárez, como Presidenta; Dr. Ángel Almidón Elescano como Vicepresidente Académico y Dr. David Elí Salazar Espinoza como Vicepresidente de Investigación;

Que, la Octava Disposición Complementaria del Estatuto Modificado de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N° 0249-2024-UNAAT, estipula que, en tanto no se constituyan los órganos de gobierno se puede designar un Coordinador de Facultad de manera provisional que hará las veces de Decano de Facultad;

Que, en ese contexto, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 0427-2024-UNAAT, de fecha 26 de diciembre de 2024, se resuelve encargar a Larry Oscar Chañi Paucar, profesor Principal ordinario las funciones de Coordinador de la Facultad de Ingeniería de la UNAAT, del 01 de enero al 30 de junio de 2025;

Que, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 0010-2025-UNAAT, de fecha 09 de enero de 2025, se resuelve designar a Gina De La Cruz Calderón, docente ordinaria como Secretaria Docente de la Facultad de Ingeniería de la UNAAT a partir del 10 de enero de 2025;

Que, con Resolución de Comisión Organizadora N° 0241-2024-UNAAT de fecha 09 de agosto de 2024 se otorga al Coordinador de la facultad Ingeniería de la UNAAT, la facultad de emitir acto resolutivo enmarcadas en las atribuciones de Decano de la facultad establecidas en la Ley universitaria N° 30220 y el Estatuto de la UNAAT.

Que, mediante la Resolución de Coordinación de Facultad N° 026-2024-UNAAT/FI, de fecha 18 de noviembre de 2024, se designa al Dr. Rafael Julián Malpartida Yapias como Asesor y al Mg. Kenny Ruben Montalvo Morales como Co-asesor del Proyecto de Tesis titulado: "Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la pectina extraída a partir de residuo de *Citrullus lanatus* utilizando hidrolisis acida asistida con microondas";

Que, mediante solicitud de fecha 03 de enero de 2025, el bachiller Jhon Gustavo Paredes Llanos solicita la aprobación y autorización de ejecución del proyecto de tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial;

Que, con el INFORME Nº 002-2025-UNAAT-P/EPIA-RJMY, presentado el 2 de enero de 2025, el asesor del proyecto de tesis APRUEBA el Proyecto de Tesis titulado: "Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la pectina extraída a partir de residuo de *Citrullus lanatus* utilizando hidrolisis acida asistida con microondas";

Que, en consecuencia, el Coordinador de Facultad de Ingeniería con Proveído 019-UNAAT/C-FI, fecha 11 de febrero de 2025, dispone la emisión de la Resolución que aprueba y autoriza la ejecución del Proyecto de Tesis en mención;

Que, de acuerdo con el Artículo 30º del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N° 0227-2024-UNAAT;

Que, conforme al Artículo 8° de la Directiva para la obtención del título profesional de Ingeniero de la Facultad de Ingeniería, aprobado con Resolución de Coordinación de Facultad N° 028-2024-CFI-UNAAT, y;

Que, en virtud del Artículo 68° de la Ley Universitaria N° 30220 y los artículos 45° y 47° del Estatuto Modificado de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N° 0249-2024-UNAAT, y en cumplimiento de las normas institucionales;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR y **AUTORIZAR** la ejecución del Proyecto de tesis titulado: **"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA PECTINA EXTRAÍDA A PARTIR DE RESIDUO DE *Citrullus lanatus* UTILIZANDO HIDROLISIS ACIDA ASISTIDA CON MICROONDAS"**, presentado por el Bachiller Jhon Gustavo Paredes Llanos, para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

ARTÍCULO SEGUNDO.- NOTIFICAR a la Alta Dirección, Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional y Departamento Académico de Ingeniería Agroindustrial e interesados para su conocimiento y demás fines.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y PUBLÍQUESE.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA
Dr. Larry Oscar Chafi Paucar
COORDINADOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA (e)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA
Mg. Gina De La Cruz Calderón
SECRETARIA DOCENTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA

Creada Por Ley N° 29652 y Ley N° 30139

FACULTAD DE INGENIERÍA

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN DE FACULTAD N° 052-2025-UNAAT/FI

Tarma, 21 de agosto de 2025

VISTO:

PROVEÍDO Nº 259/UNAAT/C-FI, INFORME N° 026-2025-UNAAT/P-VPA-FI-UI, OFICIO N° 0325-2025-UNAAT/C-FI, SOLICITUD;

CONSIDERANDO:

Que, según Ley N° 29652, modificada por la Ley N° 30139, se creó la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, como persona jurídica de derecho público; sin fines de lucro, con autonomía académica, económica, normativa y administrativa, conforme a ley;

Que, mediante Resolución del Consejo Directivo N° 142-2018-SUNEDU/CD, de 18 de octubre de 2018, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria resolvió otorgar la licencia institucional a la UNAAT, para ofrecer el servicio educativo superior universitario, con vigencia de seis (06) años; la misma que fue modificada con Resolución del Consejo Directivo N° 061-2022-SUNEDU/CD, de fecha 17 de junio de 2022, en el extremo de reconocer la creación de (dos) locales y el cambio de locación;

Que, el artículo 29 de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, establece que, aprobada la ley de creación de una universidad pública, el Ministerio de Educación constituye una Comisión Organizadora y que el proceso de constitución de una universidad concluye con la designación de sus autoridades, dentro de los plazos establecidos por el Ministerio de Educación;

Que, con Resolución Viceministerial N° 008-2023-MINEDU, de fecha 11 de enero de 2023, se reconforma la Comisión Organizadora de la UNAAT, integrada por los académicos Dra. Milagro Rosario Henriquez Suárez, como Presidenta; Dr. Ángel Almidón Elescano como Vicepresidente Académico y Dr. David Elí Salazar Espinoza como Vicepresidente de Investigación;

Que, la Octava Disposición Complementaria del Estatuto de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, estipula que, en tanto no se constituyan los órganos de gobierno se puede designar un Coordinador de Facultad de manera provisional que hará las veces de Decano de Facultad; cumpliendo así con el Documento Normativo denominado "Disposiciones para la constitución y funcionamiento de las comisiones organizadoras de las universidades públicas en proceso de constitución" aprobaba mediante Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU, de fecha 27 de julio de 2021;

Que, en ese contexto, mediante la Resolución de Comisión Organizadora Nº 0225-2025-UNAAT, de fecha 24 de junio de 2025, se resuelve encargar al Mg. Elmer Robert Torres Gutiérrez, profesor Asociado ordinario, las funciones de Coordinador de la Facultad de Ingeniería de la UNAAT, del 01 de julio hasta el 30 de setiembre de 2025;

Que, con Resolución de Comisión Organizadora N° 0241-2024-UNAAT de fecha 09 de agosto de 2024 se otorga al Coordinador de la facultad Ingeniería de la UNAAT, la facultad de emitir acto resolutivo enmarcadas en las atribuciones de Decano de la Facultad establecidas en la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la UNAAT;

Que, mediante la Resolución de Comisión Organizadora Nº 0010-2025-UNAAT, de fecha 09 de enero de 2025, se resuelve designar a la docente Gina De La Cruz Calderón, como Secretaria Docente de la Facultad de Ingeniería de la UNAAT a partir del 10 de enero de 2025;

Que, a través de la Resolución de Facultad Nº 0014-2024-UNAAT/FI, de fecha 03 de setiembre de 2024, se aprueba la Directiva para la Obtención del Título Profesional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma;

Que, mediante el reglamento de grados y títulos de la UNAAT aprobado con RCO N° 0227-2024-UNAAT, en el CAPITULO IX ESTRUCTURA Y PROCEDIMIENTO DEL INFORME DE TESIS, Artículo 32, la coordinación de Facultad, designa al jurado con acto resolutivo;

Que, mediante SOLICITUD, el Bach. Jhon Gustavo Paredes Llanos, solicita al Coordinador de la Facultad de Ingeniería la designación de jurado evaluador para el informe de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial;

Que, con OFICIO N° 0325-2025-UNAAT/C-FI, el Coordinador de Facultad remite al responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, la tesis: "Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la pectina extraída a partir de residuo de *Citrullus lanatus* utilizando hidrolisis ácida asistida con microondas" para su informe y propuesta de jurado evaluador;

Que, con INFORME N° 026-2025-UNAAT/P-VPA-FI-UI, el responsable de la Unidad de Investigación remite el informe y propuesta de jurado evaluador de tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial;

Que, con el proveído N° 259/UNAAT/C-FI, se remite al SECRETARIO DOCENTE el expediente en cuestión para su atención con resolución de Facultad y notificación correspondiente;

Que, conforme al Artículo 8° de la Directiva para la obtención del título profesional de Ingeniero Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería, aprobado con Resolución de Coordinación de Facultad N° 028-2024-CFI-UNAAT, y;

Que, en cumplimiento con el Artículo 30° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N° 0227-2024-UNAAT;

Que, en virtud del Artículo 68° de la Ley Universitaria N° 30220 y los artículos 45° y 47° del Estatuto de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, y en cumplimiento de las normas institucionales;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- DESIGNAR a los docentes ordinarios en calidad de Jurado Evaluador de acuerdo al siguiente detalle:

Mg. Elmer Robert Torres Gutierrez	Presidente
Dr. Walter Javier Cuadrado Campó	Secretario
MSc. Félix Terán Hilares	Vocal
Dr. Larry Oscar Chañi Paucar	Accesitario

De la tesis "Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la pectina extraída a partir de residuo de *Citrullus lanatus* utilizando hidrolisis ácida asistida con microondas", presentado por el Bach. Jhon Gustavo Paredes Llanos, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma.

ARTÍCULO SEGUNDO.- REMITIR a los docentes designados como jurado evaluador, el informe de tesis, para su revisión y emisión del informe de evaluación con un plazo no mayor a 15 días hábiles a partir de la fecha, para continuar con el proceso de levantamiento de observaciones y emisión del informe favorable de la tesis para la sustentación, tal como se detalla en la Directiva para la Obtención del Título Profesional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma.

ARTÍCULO TERCERO.- NOTIFICAR a la Alta Dirección, Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional, Departamento Académico de Ingeniería Agroindustrial e interesados para su conocimiento y demás fines.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y PUBLÍQUESE.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA

Mg. Elmer Robert Torres Gutiérrez
COORDINADOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA (e)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
SECRETARÍA DOCENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA

Dra. Gina De La Cruz Calderón
SECRETARIA DOCENTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS Nº 006-EPIA-FI-2025

En la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma Huancucro N° 2092, Acobamba, a los 05 días del mes de noviembre del año 2025, siendo las 12:30 horas, en el Auditorio "Dantón Hidalgo Valverde" de la UNAAT, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, designados con Resolución de Coordinación de Facultad N° 052-UNAAT/FI de fecha 21 de agosto de 2025.

Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Mg. Elmer Robert Torres Gutierrez
Secretario : Dr. Walter Javier Cuadrado Campó
Vocal : MSc. Félix Terán Hilares

Con la finalidad de llevar a cabo el acto académico de sustentación de tesis: "Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la pectina extraída a partir de residuo de *Citrullus lanatus* utilizando hidrolisis ácida asistida con microondas" para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, aprobado mediante Resolución de Coordinación de Facultad N° 77-UNAAT/FI, de fecha 31 de octubre de 2025, donde se programa lugar, fecha y hora para el mencionado acto.

Sustentante:

Bach. Jhon Gustavo Paredes Llanos
Asesor: Dr. Rafael Julián Malpartida Yapias
Coasesor: Mg. Kenny Ruben Montalvo Morales

Concluida la exposición y absueltas las preguntas, los miembros del Jurado Evaluador procedieron con la deliberación asignando la calificación siguiente:

Escala valorativa:

Excelente		Bueno	X	Regular		Deficiente	

Resultado final.

Aprobado	X	Desaprobado		Por:	Unanimidad

Para constancia se expide la presente Acta, en la ciudad de Tarma a los 05 días del mes de noviembre 2025.

Mg. Elmer Robert Torres Gutierrez Presidente	Dr. Walter Javier Cuadrado Campó Secretario	MSc. Félix Terán Hilares Vocal

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N° 003-FI-UI-2025

El responsable de la Unidad de investigación, hace constar mediante la presente, que la tesis titulada:

"Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la pectina extraída a partir de residuo de *Citrullus lanatus* utilizando hidrólisis ácida asistida con microondas"

Autora : Bach. Jhon Gustavo Paredes Llanos

Facultad : Ingeniería

Escuela profesional : Ingeniería Agroindustrial

Asesor : Dr. Rafael Julian Malpartida Yapias

Co-asesor : Mg. Kenny Ruben Montalvo Morales

Fue analizada por el software anti plagio TURNITIN bajo los siguientes criterios:

CRITERIOS DE SOFTWARE	DESICIÓN DE CONFIGURACIÓN DE ANÁLISIS
Excluye citas	X
Excluye Bibliografía	X
Excluye cadenas hasta … palabras.	-
Otros criterios (Especificar)	-

Luego de la evaluación el documento presenta un porcentaje de similitud de 28 %

Por tanto, de acuerdo con el reglamento de grados y títulos de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma y la Directiva para la elaboración, presentación y sustentación de Tesis en la Facultad de Ingeniería aprobada con Resolución de Coordinación de Facultad N° 028-2024-CFI-UNAAT. Se declara la presente Tesis con un índice de similitud APROBADO.

Observaciones: Ninguna.

En señal de conformidad y verificación firma y sella la presente constancia.

Tarma, 19 de noviembre de 2025

Dr. Walter Javier Cuadrado Campó
Responsable de la Unidad de Investigación

W.J.C.C./U.I.
Cc
Archivo