

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PECTINA DE CÁSCARA DE NARANJA PARA USOS AGROINDUSTRIALES

OBTAINING AND CHARACTERIZATION OF ORANGE PEEL PECTIN FOR AGROINDUSTRIAL USES

Gabriela de los Ángeles Rodríguez Pontón¹, Pablo Gabriel Pazmiño Peñafiel², Nelly del Pilar Pazmiño Miranda³, María Auxiliadora Cárdenas Tenorio⁴.

{gabydelosangeles@hotmail.es¹, pgabpp@gmail.com², nd.pazmino@uta.edu.ec³, mariacardenast.23@gmail.com⁴}

Fecha de recepción: 13/02/2025 / Fecha de aceptación: 21/02/2025 / Fecha de publicación: 03/03/2025

RESUMEN: La pectina es un polisacárido de origen natural que se encuentra en la pared celular de diversas frutas y vegetales, con importantes aplicaciones en la industria agroindustrial. Sin embargo, Ecuador enfrenta una problemática significativa al depender de importaciones de este biopolímero, lo que representa altos costos para las industrias locales. El problema de investigación se da debido a que existe la necesidad de desarrollar métodos eficientes y sostenibles para la obtención de pectina a partir de residuos agroindustriales, como las cáscaras de naranja, que representan un problema ambiental por su acumulación. El objetivo es investigar la viabilidad de extraer pectina a partir de los residuos de naranja y evaluar sus propiedades fisicoquímicas en comparación con la pectina disponible en el mercado. En la metodología, se realizó una revisión sistemática de la literatura científica, analizando diversos estudios que reportan métodos de extracción de pectina a partir de cáscaras de naranja, incluyendo hidrólisis ácida convencional y asistida. Los hallazgos revelan que los métodos de extracción evaluados mostraron rendimientos de pectina que oscilaron entre 21.1% y 49.7%, siendo el mayor rendimiento obtenido mediante hidrólisis ácida optimizada de la variedad *Citrus Paradisi*. En conclusión, la pectina extraída de los residuos de naranja es comparable en calidad a la pectina importada, lo que representa una oportunidad para el desarrollo de la industria local y la promoción de la sostenibilidad, al aprovechar un recurso renovable y reducir los desechos generados.

Palabras clave: *Pectina, cáscara de naranja, extracción, hidrólisis ácida, aplicaciones agroindustriales*

¹Instituto Superior Tecnológico Riobamba, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-8123-5412>.

²Instituto Superior Tecnológico Riobamba, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0006-3575-4568>.

³Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0003-4047-4094>.

⁴Investigador Independiente, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0005-8125-3695>.

ABSTRACT: Pectin is a naturally occurring polysaccharide found in the cell wall of various fruits and vegetables, with important applications in the agro-industrial industry. However, Ecuador faces a significant problem by depending on imports of this biopolymer, which represents high costs for local industries. The research problem arises because there is a need to develop efficient and sustainable methods for obtaining pectin from agro-industrial waste, such as orange peels, which represent an environmental problem due to their accumulation. The objective is to investigate the feasibility of extracting pectin from orange waste and evaluate its physicochemical properties compared to the pectin available on the market. In the methodology, a systematic review of the scientific literature was carried out, analyzing various studies that report methods of extracting pectin from orange peels, including conventional and assisted acid hydrolysis. The findings reveal that the extraction methods evaluated showed pectin yields ranging from 21.1% to 49.7%, with the highest yield obtained through optimized acid hydrolysis of the *Citrus Paradisi* variety. In conclusion, the pectin extracted from orange waste is comparable in quality to imported pectin, which represents an opportunity for the development of the local industry and the promotion of sustainability, by taking advantage of a renewable resource and reducing the waste generated.

Keywords: *Pectin, orange peel, extraction, acid hydrolysis, agroindustrial applications*

INTRODUCCIÓN

La pectina es un polisacárido de origen natural que se encuentra de manera predominante en la pared celular de diversas frutas y vegetales, desempeñando un papel crucial como cemento intercelular que asegura la cohesión y estabilidad estructural de las células (1). Este compuesto, que fue aislado por primera vez en el año 1825 por el químico francés Henri Braconnot, recibe su nombre del término griego "pektikos", el cual se traduce como gelificar o solidificar (2).

La notable capacidad de la pectina para formar coloides se deriva de su compleja estructura molecular, que incluye largas cadenas compuestas por unidades repetitivas de 1,4- α -D-ácido galacturónico (GalpA). A lo largo de los años, se han caracterizado diferentes tipos de pectinas, como la homogalactourona y la rhamnogalacturona-I, que presentan variaciones tanto en su contenido como en sus propiedades funcionales, lo que influye en su utilización y aplicación en la industria (3). Sin embargo, a pesar de la importancia de este compuesto, Ecuador enfrenta un serio problema. El hecho es que en la actualidad no existen empresas que produzcan pectina en el país, por lo que el país depende en gran medida de las importaciones de pectina de otros Estados. Esto lleva a un aumento del precio: según (4), puede llegar a 34 dólares por kilogramo. Lo anterior es especialmente difícil para la industria alimentaria y farmacéutica, porque deben hacer frente a un aumento de los costos de fabricación debido a la creciente popularidad de las materias primas debido a la falta de su propio suministro domesticado.

En el sector industrial, la pectina ha ganado un papel crucial en la industria alimentaria, donde se utiliza ampliamente como espesante y gelificantes en la producción de diversos productos, como mermeladas, jaleas, gelatinas ya conservas (5). Las fuentes principales de pectina provienen de cáscaras de frutas cítricas, que contienen un 10% y un 35% de pectina(6). En la industria, la pectina se utiliza como ingrediente funcional como fuente de fibra dietética, debido a su capacidad de formar geles acuosos. Estos geles de pectina son esenciales para crear o modificar la textura de productos, además en la industria láctea, se emplea en la elaboración de yogures frutados y productos bajos en grasa, en el ámbito de bebidas dietéticas, la pectina se utiliza para preparar refrescos, gracias a su contenido de carbohidratos, propiedades estabilizantes y capacidad para aumentar la viscosidad (7).

Sin embargo, el uso de cascaras de cítricos ha presentados problemas debido a su aroma, lo que ha llevado a la adopción de métodos químicos para su extracción. Aunque los métodos convencionales de extracción implican el uso de tratamientos, es crucial investigar y explorar alternativas mas sostenibles y eficientes, especialmente ante el aumento de residuos agrícolas (8).

La pectina es un carbonato complejo que contiene un 65% de unidades de ácido galacturónico con la fórmula química $C_6H_{10}O_7$. Esta sustancia esta compuesta por cadenas de anillos de acido galacturónico, cuyo numero puede variar desde unos pocos cientos hasta miles, lo que resulta en masas moleculares que oscilan entre 50 000 y 150 000 Daltons. Cada anillo en la cadena tiene un grupo carboxilo, que puede estar esterificado con metanol, formando esterres metílicos, o bien puede permanecer neutralizado por una base, como se ilustra en la cadena con cuatro anillos de ácido en la Figura 1.

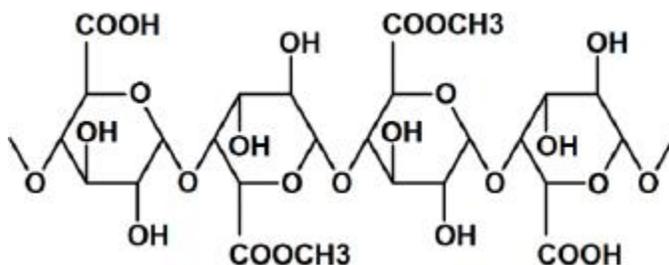


Figura 1. Estructura molecular básica de la pectina

Fuente: (9).

Las pectinas se clasifican según su grado de esterificación (GE), que se expresa en porcentaje y es un factor determinante de sus propiedades gelificantes. Según la investigación de Sriamornsak, el GE varía entre 20 y 40 % en las pectinas comerciales de bajo metoxilo y entre 60 y 75 % en las de alto metoxilo (10).

Un mayor grado de esterificación se traduce en una gelificación más rápida. Dependiendo de la velocidad de gelificación y de si las pectinas están amidadas o no, estas se subdividen en categorías de alto y bajo metoxilo, como se detalla en la Figura 2 (10).

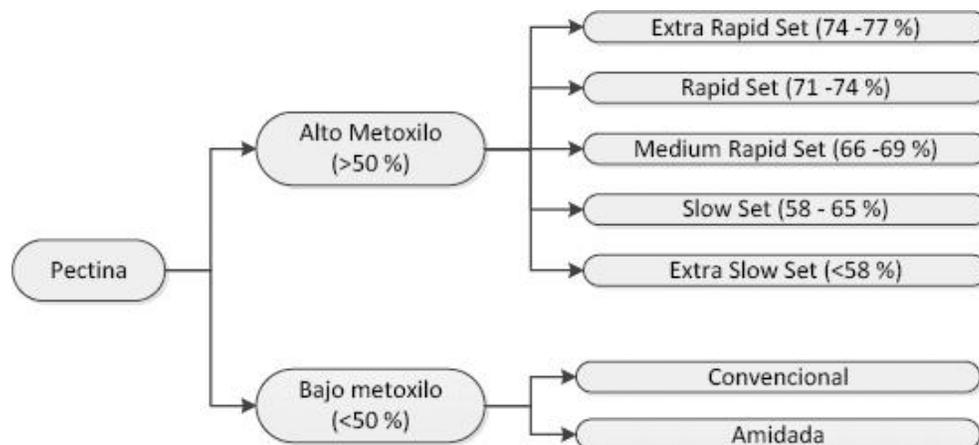


Figura 2. Clasificación de la pectina.

Fuente: (10).

Cabe señalar que la naranja (*Citrus sinensis*) es una de las frutas más cultivadas en el mundo, con una producción anual de más de 52 millones de toneladas, siendo Ecuador el que aporta a esta cifra cerca de 142 mil toneladas (11). Sin embargo, la generación de residuos de naranjas se ha convertido en un grave problema, representando alrededor del 50% del peso total de los residuos, que ascienden a unas 71 mil toneladas al año en el país (12). Aunque el compostaje de residuos se ha presentado como una alternativa viable, su largo tiempo de descomposición indica que se deberían investigar y desarrollar mejores métodos para evaluar estos subproductos, aprovechando su potencial para producir compuestos de valor agregado.

El proceso convencional de extracción de pectina de los desechos de naranja implica hidrólisis ácida, dando como resultado una pectina con aproximadamente 70% de esterificación, pero es posible lograr grados más altos de esterificación (13). Para producir pectinas con menores grados de esterificación, algunos ésteres metílicos adicionales deben hidrolizarse mediante extracción prolongada, tratamientos ácidos o alcalinos en presencia de alcohol o enzimas desesterificantes, como la pectina esterasa. Cuando la pectina se somete a la producción de amoníaco, se forma amida (-COONH₂) en la cadena ácida, conocida como pectina amidada (14).

El objetivo de este estudio fue investigar las variaciones de la pectina extraída de los residuos de naranja y evaluar sus propiedades fisicoquímicas en comparación con la pectina disponible comercialmente. Se supone que la pectina residual no sólo es comparable a las pectinas importadas, sino que también puede proporcionar beneficios económicos y ambientales al desarrollar los recursos naturales locales. Esto ayuda a reducir la cantidad de residuos generados y promueve el desarrollo sostenible en la industria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Método de Investigación:

Este estudio utilizó una combinación de métodos de investigación cualitativos y cuantitativos. A través de una revisión sistemática de la literatura científica existente, revisamos diversas fuentes para el descubrimiento y caracterización de la pectina de cáscara de naranja. Este enfoque nos permitió recopilar datos cualitativos sobre los procesos utilizados en los diferentes estudios y cuantificar el rendimiento de pectina informado en cada caso.

Población o Muestra:

Para realizar este estudio, se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva utilizando bases de datos académicas como SCOPUS y LATINDEX. Seleccionamos cuidadosamente artículos, trabajos y estudios que documentaron experimentos sobre la extracción de pectina de cáscaras de naranja.

Criterios de Inclusión:

- Investigaciones que proporcionen información sobre extracción de pectina de cáscaras de naranja
- Artículos publicados en los últimos cinco años en revistas científicas revisadas por pares
- Estudios que contengan datos sobre métodos de extracción y rendimientos de pectina

Criterios de Exclusión:

- Estudios que no proporcionen información completa sobre los métodos utilizados o los resultados obtenidos.
- Artículos incompletos o en formato no disponible.
- Estudios que no involucren cáscara de naranja como fuente de extracción de pectina.
- Materiales que no hayan sido revisados por pares u obtenidos de fuentes no confiables.

Entorno:

El estudio se realizó mediante la recopilación de datos de diversas fuentes académicas y centros de investigación en áreas de cultivo de cítricos. Para garantizar la fiabilidad y neutralidad de las fuentes de datos, se decidió describir estos sitios sólo en términos generales para evitar la identificación directa.

Mediciones:

Se utilizaron diversos métodos, como encuestas y entrevistas personales con los autores del estudio, para recopilar datos. Además, se recopiló cuidadosamente información relevante de los artículos seleccionados. Las variables analizadas fueron el tipo de método de extracción de pectina, la concentración de pectina obtenida y las condiciones específicas de extracción como temperatura y tiempo de procesamiento.

Análisis de datos:

Los datos obtenidos fueron analizados mediante la comparación de registros bibliográficos. Esto permite comparar los rendimientos de pectina informados en los diversos estudios revisados. Además, se han identificado las mejores prácticas que pueden mejorar la utilización de la pectina en la agricultura y la industria, promoviendo así el desarrollo sostenible de este producto.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la extracción de pectina de cáscara de naranja se presentan a continuación, analizando el rendimiento de pectina a partir de diversas metodologías empleadas en distintos estudios. La Tabla 1 resume los hallazgos más significativos de cada investigación.

Tabla 1. Comparación de los resultados de extracción de pectina de las distintas investigaciones.

Investigaciones	Método utilizado	Gramos de pectina obtenida	Rendimiento
Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas	Extracción por Hidrólisis ácida asistida por microondas	4,1 g a partir de 90ml de etanol añadido en la precipitación	21.1 %
Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de cáscara de naranja	Hidrólisis de la cáscara con agua acidulada	-	49,7 %
Pectina de residuos de naranja aplicando el principio de las 3R	Método de hidrólisis ácida	Condición 1: 8,95 g Condición 2: 7,19g	Condición 1. 35,83% Condición 2. 28,77%

Extracción y evaluación de pectina a partir de la cascara de naranja de las variedades <i>Citrus</i>	Hidrólisis ácida efectuando para ello cambios de pH y tiempos de extracción con lo cual se espera tener un mayor	La variedad <i>Citrus Paradise</i> proporciona un mayor rendimiento de pectina (39.56%) que la variedad <i>Citrus</i>	Variedad de naranja - <i>Citrus Paradisi</i> (39.56%) - <i>Citrus Sinensis</i> (12.52%),
--	--	---	--

Interpretación: En la Tabla 1 se han investigado diferentes métodos para extraer pectina de cascara de naranja, un subproducto de la industria agroalimentaria que tiene un gran potencial para obtener biopolímeros, las técnicas utilizadas presentaron diferencias significativas en cuanto a rendimiento y de calidad del producto final, destacando así la importancia de las condiciones de extracción y el tratamiento previo de la materia prima.

Estudio 1: Hidrólisis Ácida Convencional

El primero se centra en la extracción y coloración de la pectina de las hojas secas de las plantas. La extracción se realizó mediante hidrólisis ácida simple. Se definen condiciones específicas de pH, temperatura y tiempo que son importantes para la calidad del producto. Este método dio un rendimiento de pectina del 21,1% cuando se utilizaron 60 g de material tratado con ácido cítrico a 9,1 °C. Aunque se ha demostrado que este enfoque es ineficaz, Pero se queda corto en términos de tiempo y recursos necesarios en comparación con los métodos creativos.

Estudio 2: Extracción Tras la Obtención de Aceite Esencial

En el segundo estudio se utilizaron cáscaras de naranja que previamente habían sido sometidas a extracción de aceite esencial. El uso de este proceso dio como resultado rendimientos notables de pectina. La tasa de recuperación fue del 49,7% después de un procedimiento medio de 38 horas. La hidrólisis se realizó a una temperatura de 80°C y pH 2,8 utilizando una concentración de hexametáfosfato de sodio al 0,7%. Centrarse en el potencial económico y la sostenibilidad

Estudio 3: Comparación de Condiciones de Extracción

El tercer estudio se centró en comparar las cáscaras de naranja procesadas en dos condiciones, con y sin extracción de aceite esencial. El mayor rendimiento de pectina, 35,83%, se obtuvo a partir de cáscaras de naranja sin refinar. Este paso implica ajustar el pH a 3,2 y calentar a 90 °C durante 90 min seguido de precipitación con alcohol etílico. Los resultados de este estudio muestran el impacto de la condición de la materia prima en la eficiencia del proceso de extracción.

Estudio 4: Optimización de Parámetros de Extracción

Finalmente, el cuarto estudio se centró en la extracción de pectina de alta calidad a partir de cáscaras de cítricos. La eficiencia de extracción fue del 39,56% a pH 3,2 y un tiempo de extracción de 75 min. Este método de filtración con alcohol demostró ser muy eficaz y sencillo. Ayuda a obtener pectina pura. El uso de etanol en este proceso es digno de mención, ya que evita la contaminación del producto final y mejora su calidad.

En general, los estudios presentados en este artículo muestran que la extracción de pectina a partir de cáscaras de cítricos depende en gran medida de las condiciones específicas de procesamiento. Esto incluye la condición de la materia prima y los parámetros del proceso de extracción. La combinación de tecnologías de hidrólisis ácida tradicional y asistida, combinada con el uso de subproductos industriales, ofrece valiosas oportunidades para el desarrollo sostenible de la pectina en el sector agroindustrial. La diferencia de rendimiento varía entre el 21,1% y el 49,7%, lo que resalta la importancia de optimizar el proceso de extracción para garantizar la eficiencia y la estabilidad de la producción de pectina. Tiene el potencial de aportar importantes beneficios económicos a la agricultura y las industrias alimentarias.

DISCUSIÓN

Los resultados y propiedades obtenidos para la pectina obtenida de la cáscara de naranja, un subproducto de la industria agrícola y alimentaria, muestran que la extracción y procesamiento de la materia prima tiene un impacto significativo en el rendimiento y calidad final (15). Estos resultados concuerdan con datos publicados en la literatura científica por numerosos autores y resaltan la necesidad de optimizar los parámetros de extracción para aumentar la eficiencia de la producción de pectina para su uso en la industria agrícola.

En este sentido, (7), (16) se ha demostrado que diferentes métodos químicos, microbianos o enzimáticos afectan significativamente las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la pectina, las cuales son de gran importancia para su aplicación en diversos campos agrícolas. Además, (17), (18) enfatizaron que es importante evaluar las propiedades de los materiales individuales, ya que estas pueden variar dependiendo de la fuente vegetal, por ejemplo, la planta. B. Pueden ser bastante diferentes, como por ejemplo la cáscara de naranja.

Los resultados de este estudio (19), (20) muestran que la condición de la materia prima tiene un efecto significativo en el rendimiento y la calidad de la cáscara. Esto tiene implicaciones directas para posibles aplicaciones en las industrias alimentaria y farmacéutica. Los autores destacaron el gran potencial de los residuos agroindustriales como fuente de valiosos compuestos bioactivos.

Por otra parte, estudios han demostrado que los desechos del procesamiento de frutas, como cáscaras de naranja, tomate y plátano, podrían utilizarse potencialmente para la extracción de pectina (21), (22), lo que es consistente con el método utilizado en este estudio. Estos resultados son consistentes con los de un segundo estudio, que mostró que el aceite esencial extraído de la cáscara de naranja produjo altos rendimientos, lo que indica el potencial para el uso generalizado del subproducto agrícola.

Además, el uso de precipitación con alcohol, como se describe en el cuarto estudio, ha sido descrito en la literatura científica como un método eficaz y eficiente (23), (24). Este proceso reduce las impurezas y mejora las propiedades físicas, químicas y funcionales del producto final, lo que lo hace importante para su aplicación en diversas industrias agrícolas.

Finalmente, la discusión de este trabajo se enriquece comparando los resultados con reportes de diferentes autores que abordaron problemas relacionados con la extracción y caracterización de pectina de residuos agroindustriales (25), (26). Esto pone de relieve la importancia de optimizar las condiciones de extracción y el gran potencial de utilizar subproductos de la industria alimentaria para una producción sostenible.

CONCLUSIONES

Finalmente, este estudio logró sus objetivos al investigar la viabilidad de extraer pectina de los residuos de naranja y evaluar sus propiedades fisicoquímicas en comparación con la pectina comercial. Los resultados del estudio confirmaron la hipótesis, mostrando que la calidad de la pectina extraída de los residuos de naranja era similar a la de la pectina importada. La hidrólisis ácida es el método más común para producir pectina a partir de cáscara de naranja. Dependiendo de las condiciones de extracción la recuperación varía entre el 21,1% y el 49,7%.

La hidrólisis ácida optimizada logró el mayor rendimiento de pectina del 39,56% para la variedad de naranja *Paradisi*. Entre ellos, la hidrólisis ácida por microondas tuvo el rendimiento más bajo, 21,1%. Estos resultados resaltan la importancia de evaluar cuidadosamente las condiciones de extracción, incluido el tipo de alimentación, el pretratamiento y los parámetros operativos, para mejorar la eficiencia y la calidad de la pectina.

Además, el estudio encontró que el uso industrial de subproductos como la cáscara de naranja ofrece valiosas oportunidades para la producción sostenible de pectina, ayuda a reducir el desperdicio y proporciona importantes beneficios económicos y ambientales. Por lo tanto, se propone investigar y optimizar el proceso de extracción de pectina de estos residuos agrícolas con el fin de promover el desarrollo de la industria local y el uso de recursos renovables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Revisión bibliográfica de metodologías para el aprovechamiento de residuos de frutas y verduras para la obtención de compuestos bioactivos y su uso en alimentos funcionales [Internet]. [cited 2025 Feb 14]. Available from: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/63550>
2. Lugo Gómez IK, Lugo Gómez LGIKIK. Caracterización y evaluación de la captación de radicales libres del aceite esencial de naranja (*Citrus Sinensis*) caída en Álamo Temapache Veracruz. 2023 Oct 1 [cited 2025 Feb 14]; Available from: <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/6749>
3. Pérez Pineda JP, Muñoz Benavides RM. Elaboración de recubrimiento comestible a base de pectina extraída de residuos de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) aplicado a banano (*Musa paradisiaca*) bajo condiciones de laboratorio. [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 14]. Available from: <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/19212>

4. Dongre P, Doifode C, Choudhary S, Sharma N. "Botanical description, chemical composition, traditional uses and pharmacology of Citrus sinensis: An updated review." *Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine*. 2023 Sep 1;8:100272.
5. De E, Para F, Creación LA, Una DE. Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora de mermelada a base de pomarrosa *Syzygium jambos*, en Zaruma, provincia de El Oro. 2021 [cited 2025 Feb 14]; Available from: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15948>
6. Alejandra Muñoz-Briones P, Almeida-Streitwieser D, Fonseca-Ashton JD, Alvarez-Barreto JF. Estudio de pre-factibilidad técnica y económica de la implementación de una biorrefinería para la conversión de residuos de cáscara de naranja. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías* [Internet]. 2021 Nov 16 [cited 2025 Feb 14];13(2):14–14. Available from: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/2289/2896>
7. Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocotón / Jordi Pagan i Gilabert | Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes [Internet]. [cited 2025 Feb 14]. Available from: <https://www.cervantesvirtual.com/obra/degadacion-enzimatica-y-caracteristicas-fisicas-y-quimicas-de-la-pectina-del-bagazo-de-melocoton--0/>
8. Ramírez-Gavidia TC, González-Colmenares NM, Guerrero-Pernía EK. Pectina de residuos de naranja aplicando el principio de las 3R. *AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería* [Internet]. 2020 May 1 [cited 2025 Feb 14];8(2):84–91. Available from: <https://revistas.udes.edu.co/aibi/article/view/1627>
9. Dupont H, Maingret V, Schmitt V, Héroguez V. New Insights into the Formulation and Polymerization of Pickering Emulsions Stabilized by Natural Organic Particles. *Macromolecules* [Internet]. 2021 Jun 8 [cited 2025 Feb 14];54(11):4945–70. Available from: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.macromol.1c00225>
10. Ren W, Ding C, Fu X, Huang Y. Advanced gel polymer electrolytes for safe and durable lithium metal batteries: Challenges, strategies, and perspectives. *Energy Storage Mater*. 2021 Jan 1;34:515–35.
11. Producción mundial de naranjas en 2024 | Statista [Internet]. [cited 2025 Feb 14]. Available from: <https://www.statista.com/statistics/577398/world-orange-production/#statisticContainer>
12. EXTRACCIÓN DE PECTINA DE RESIDUOS DE CÁSCARA DE NARANJA POR HIDRÓLISIS ÁCIDA ASISTIDA POR MICROONDAS (HMO) [Internet]. [cited 2025 Feb 14]. Available from: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312015000100007
13. Alberto C. DE UNA MERMELADA DE PEPINO DULCE (*Solanum muricatum*) UTILIZANDO PECTINA DE LA CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis*) COMO 2022 [cited 2025 Feb 14]; Available from: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CASTRO%20JIMENEZ%20CHRISTIAN%20ALBERTO.pdf>
14. Bioquímica C, Farmacia Y. Obtención de pectina a partir de residuos de naranja (*Citrus sinensis*) por el método de hidrólisis ácida y su aplicación en la industria alimenticia. 2022 Dec 9 [cited 2025 Feb 14]; Available from: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/20399>
15. Clínico El Ángel L, Iii E, Maricela Dalgo-Flores VI, Daniel Cayambe-Criollo JI, Isabel Rodríguez-Vinueza III V, Gissel Tixi-Gallegos KI, et al. Caracterización físico-química en la optimización de la producción de pectina a partir de residuos de naranja (*CITRUS SINENSIS*) mediante hidrólisis ácida: un enfoque eficiente para su potencial aplicación como agente estabilizante, emulsificante y gelific. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, ISSN-e 2550-682X,

- Vol 9, No 1 (ENERO 2024), 2024, págs 2041-2064 [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 14];9(1):2041–64. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9281996&info=resumen&idioma=ENG>
16. Francisco M, Meza J. Estudio de matrices de pectina modificada y bis-glicinato ferroso, para su aplicación en la fortificación de alimentos. TDX (Tesis Doctorals en Xarxa) [Internet]. 2024 Jun 20 [cited 2025 Feb 14]; Available from: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/422061>
 17. Gonzalez VR, Numpaque MM, Dias N da S. Pectinas: extracción, usos e importancia en la agroindustria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* [Internet]. 2022 Nov 15 [cited 2025 Feb 14];6(5):5294–309. Available from: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/3498/5321>
 18. Álvarez Lema DL. Diseño de un proceso industrial para la obtención de pectina a partir de la cáscara de mandarina (*Citrus reticulata*) para uso alimentario. 2024 May 28 [cited 2025 Feb 14]; Available from: <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/23068>
 19. Sofia Avila Bonilla Laura Marcela Jiménez Acosta L, Ludy Cristina Pabón Baquero T, Juliet Angélica Prieto Rodríguez C, C BD. Evaluación de una biopelícula enriquecida con aceites esenciales de especies del género *Piper* como recubrimiento protector de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) frente a *Fusarium solani* [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 14]. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.14625/36961>
 20. Vista de Pectinas: extracción, usos e importancia en la agroindustria | *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* [Internet]. [cited 2025 Feb 14]. Available from: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/3498/5321>
 21. Luis J, Brito A. Extracción y caracterización de pectina a partir de manzana (*Malus Domestica* Royal Gala), mediante el método de hidrólisis ácida [Internet]. Universidad de Cuenca; 2024 [cited 2025 Feb 14]. Available from: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/45696>
 22. Villamar Castillo LA. Caracterización de pectina de cáscara de banano *musa paradisiaca* como una alternativa de agente coadyuvante. 2024 [cited 2025 Feb 14]; Available from: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/16347>
 23. Aparicio huablocho JA, Neira Montoya EF, Ramos Matias PM. Extracción de pectina a partir de la cáscara de cacao y su caracterización mediante análisis de FT-IR. *Tecnia* [Internet]. 2024 Sep 18 [cited 2025 Feb 14];34(1):42–50. Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2309-04132024000100042&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 24. Sattar O, Khalid R, Metodología SYChem, 2024 undefined. Pretratamiento electromagnético para la extracción de pectina de cáscara de naranja amarga : metodología de superficie de respuesta Rendimiento/Grado de esterificación. *sid.ir* [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 14];8:217–33. Available from: <https://www.sid.ir/fileservers/jc/34793-279830-x-1135089.pdf>
 25. Carrera FP, Superior I, Santo T, Emily DE, Zambrano M, Iralda DE, et al. Aprovechamiento de la cáscara de naranja americana (*Citrus sinensis*) en la elaboración de una jalea: Use of American orange (*Citrus sinensis*) peel in the production of a jelly. *Latam: revista latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, ISSN-e 2789-3855, Vol 5, No 4, 2024 (Ejemplar dedicado a: LATAM; 1 – 12) [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 14];5(4):1. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9718998&info=resumen&idioma=SPA>

26. Aprovechamiento de la cáscara de naranja americana (*Citrus sinensis*) en la elaboración de una jalea: Use of American orange (*Citrus sinensis*) peel in the production of a jelly - Dialnet [Internet]. [cited 2025 Feb 14]. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9718998>