

## Métodos de extracción de pectina en frutos: Revisión sistemática

### Pectin extraction methods in fruits: Systematic review

Paola Monserrat García-García<sup>1</sup> ,  
Adalberto Galindo-Alcántara<sup>2</sup> ,  
Silvia del Carmen Ruiz-Acosta<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/IT Zona Olmeca, Ignacio Zaragoza S/N, Villa Ocuiltzapotlán, CP. 86270. Centro, Tabasco, México.

<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas. Carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5 S/N, Entronque a Bosques de Saloya. CP. 86150. Villahermosa, Tabasco, México.

\*Autor de correspondencia: [silvia.ra@zolmeca.tecnm.mx](mailto:silvia.ra@zolmeca.tecnm.mx)

#### Artículo científico

Recibido: 03 de mayo 2023

Aceptado: 29 de noviembre 2023

**Como citar:** García-García PM, Galindo-Alcántara A, Ruiz-Acosta SC (2023) Métodos de extracción de pectina en frutos: Revisión sistemática. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* Núm. Esp. III: e3728. DOI: 10.19136/era.a10nIII.3728

**RESUMEN.** La pectina obtenida de residuos agroindustriales es una importante fuente de abastecimiento, no solo porque los residuos tienen una importante cantidad del biopolímero, sino también porque es una forma de aprovechar los desechos biológicos de las agroindustrias que generalmente se convierten en problemas de contaminación al ambiente o que su disposición final bajo un adecuado tratamiento incrementa los costos de producción. Debido a sus propiedades espesantes, gelificantes, estabilizantes y biodegradabilidad puede emplearse a nivel agrícola, en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica. Para su aprovechamiento existe una variedad de procedimientos metodológicos extractivos y variantes dentro de cada procedimiento. El objetivo de esta revisión fue recabar y analizar información sobre los métodos industriales de extracción de esta materia prima altamente demandada, centrándose sobre la fase extractiva y parámetros de mayor influencia en el rendimiento y la calidad de la extracción de pectina en frutos. Los resultados indican que el método químico de hidrólisis ácida sin asistencia fue el más aplicado para la extracción de pectina utilizando como solución extractiva principalmente el ácido clorhídrico, aplicando una temperatura de 90 °C y pH entre 1 y 2.2, así como un tiempo de 60 min. El proceso extractivo es fuertemente influido por los valores y las combinaciones de valores de la solución extractante utilizada, la temperatura a la que se realiza la hidrólisis, el pH con el que se realiza el proceso y el tiempo de duración de la extracción. Estos factores determinan la calidad y el rendimiento de la pectina obtenida.

**Palabras clave:** Biopolímeros, bioplásticos, ácido galacturónico en frutos, soluciones extractivas en biopolímeros.

**ABSTRACT.** The pectin obtained from agro-industrial residues is an important source of supply, not only because the residues have a significant amount of biopolymer, but it is also a way of taking advantage of biological waste from agro-industries that generally become pollution problems for the environment or that its final disposal under adequate treatment increases production costs. Due to its thickening, gelling, stabilizing and biodegradability properties, it can be used agriculturally, in the food, cosmetic and pharmaceutical industries. For its use there is a variety of extractive methodological procedures and variants within each procedure. The objective of this review was to collect and analyze information on the industrial methods of extraction of this highly demanded raw material, focusing on the extractive phase and parameters with the greatest influence on the yield and quality of pectin extraction in fruits. The results indicate that the chemical method of acid hydrolysis without assistance was the most applied for pectin extraction, using mainly hydrochloric acid as extractive solution, applying a temperature of 90 °C and pH between 1 and 2.2, as well as a time of 60 minutes. The extractive process is strongly influenced by the values and combinations of values of the extracting solution used, the temperature at which the hydrolysis is carried out, the pH with which the process is carried out and the duration of the extraction. These factors determine the quality and yield of the pectin obtained.

**Key words:** Biopolymers, bioplastics, galacturonic acid in fruits, extractive solutions in biopolymers.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico mundial actualmente tiene una gran dependencia de la fabricación constante de productos que generan desechos sólidos a un ritmo acelerado. La Organización de las Naciones Unidas, estima que a nivel mundial cada año se colectan aproximadamente 11 200 millones de toneladas de residuos sólidos. Los residuos resultantes de la producción agrícola, su proceso e industrialización son en apariencia menos contaminantes al ser naturales. Sin embargo, la generación y disposición incorrecta de estos, también es causa de problemas ambientales, económicos y sociales a nivel mundial, aunque por su naturaleza es complicado contar con cifras globales específicas de su generación (Delgado *et al.* 2023, Romero-Sáez 2022). La literatura indica que para 2020 se cultivaron aproximadamente 1 800 millones de toneladas de caña de azúcar que posteriormente fue transformada y por cada 1 000 kg de azúcar producida se generaron entre 30 y 65 toneladas de residuos agroindustriales (González *et al.* 2017).

Como parte de la economía circular, los residuos agroindustriales están pasando de ser un problema para convertirse en una fuente potencial de materia prima biodegradable, gracias a sus componentes que pueden ser aprovechados para la generación de alternativas que ayuden a reducir la contaminación (Mejías-Brizuela *et al.* 2016). Algunos materiales biodegradables resultantes de la agroindustria como la cáscara y la pulpa de frutas cítricas, limón (*Citrus × limón*), naranja (*Citrus × sinensis*), piña (*Ananas comosus*) y maracuyá (*Passiflora edulis*) o de guayaba (*Psidium guajava*), tomate de árbol (*Solanum roseum*), remolacha (*Beta vulgaris*), entre otros, son fuentes naturales con alto contenido de pectina, un biopolímero constituido principalmente por ácido galacturónico que se encuentra primordialmente en la pared primaria y tejidos de diversos frutos y vegetales (Zapata *et al.* 2009, Zapata *et al.* 2012, Vera *et al.* 2016, Serrat-Díaz *et al.* 2018, López *et al.* 2019, Rubiano *et al.* 2022, Dubey *et al.* 2023). Por sus propiedades espesantes, gelificantes, estabilizantes y biodegradabilidad, el

biopolímero puede ser empleado a nivel agrícola, así como en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica para obtener mermeladas, gelatinas, jabones, desechables, entre otros (Paredes *et al.* 2015, Dubey *et al.* 2020); actualmente existe una gran demanda de pectina en la industria y se requieren métodos de extracción que no solo obtengan mayores rendimientos de pectina, sino que además esta sea de mayor calidad (Urango-Anaya *et al.* 2018, Frosi *et al.* 2023). De forma industrial, se han desarrollado métodos químicos, microbiológicos y enzimáticos para extraer la pectina; de ellos, los más utilizados en la industria son los métodos químicos que, como parte del proceso, generan residuos químicos contaminantes y tiene altos requerimientos energéticos (González *et al.* 2022).

Actualmente, hay publicaciones científicas independientes que abordan el tema de la extracción de este biopolímero en frutos, pero que presentan una importante variabilidad al utilizar diversos métodos para el proceso de extracción e incluso plantean diferencias dentro del mismo método que influye en los resultados tanto de cantidad como de calidad de la pectina obtenida (Rubiano *et al.* 2022). Ante esta situación, esta revisión tuvo como objetivo recabar y analizar la información sobre los métodos industriales de extracción de pectina, centrándose en la fase extractiva y los parámetros de mayor influencia en el rendimiento y la calidad de la extracción de pectina en frutos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión sistemática de los trabajos publicados en 10 países (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, Ecuador, México, Perú y Venezuela) durante los últimos 25 años en las bases de datos, Web of Science, Scopus, ScienceDirect, JSTOR, PubMed y Google Académico. Solo se tomaron en cuenta artículos relacionados con la extracción del biopolímero en frutos que contaran con información sobre el método empleado y datos de los parámetros utilizados. También se consideraron estudios sobre extracción de pectina en semillas y modificaciones en métodos

de extracción de pectinas. Se excluyeron artículos con definiciones de pectina, estudios sobre usos del biopolímero, medida de pectina relacionada con el ablandamiento de frutos, estudios relacionados con la influencia de la pectina sobre las propiedades reológicas, artículos sobre sus usos farmacéuticos y aplicaciones terapéuticas, propiedades químicas e importancia sobre la estructura de la pared celular de frutos. Para analizar la información, se elaboró una base de datos en formato Excel con los siguientes parámetros: fuente de pectina, método de extracción, solución extractiva adicionada a la hidrólisis, pH, temperatura a la cual se realiza el proceso de extracción y tiempo de extracción, ya que este estudio se centra en la fase de extracción dentro del proceso de obtención de pectina. Adicionalmente, se tomaron los datos generales: país de origen de las publicaciones, año de publicación, objetivos de las investigaciones y autores.

## RESULTADOS

Una vez aplicados los criterios de inclusión y exclusión, la base de datos resultante incluyó 65 estudios publicados entre los años 1995 a 2020. De acuerdo con el país de origen, las publicaciones se distribuyeron en 10 países, siendo Colombia, Venezuela y México los que presentaron el mayor porcentaje (30, 22.5 y 12.5% respectivamente). La mayoría fueron realizados durante el año 2017 (12.5%) y estos artículos se encuentran dentro del área de conocimiento agrícola. Aunque todas las publicaciones parten de la misma base investigativa, los objetivos estudio se organizaron a grandes rasgos en 15 grupos (Tabla 1), siendo "Extracción y Caracterización de la Pectina" el objetivo con el mayor porcentaje (48%) mientras que los grupos restantes estudian o evalúan el efecto de la pectina en diferentes ámbitos o modifican los métodos de extracción aplicados para obtener el biopolímero.

### Fuente de pectina

De acuerdo con los datos recabados, la fuente potencial de pectina más empleada entre los frutos

fue el maracuyá con 15.7%, el segundo sitio lo ocuparon las naranjas y guayabas con 11.4%, respectivamente. Ahora bien, respecto a la parte del fruto de la que se extrae la pectina, los resultados revelan que es la cáscara de los frutos la más empleada, ya que 73% de los trabajos la utilizaron como fuente de pectina. La pulpa de los frutos fue la segunda fuente más utilizada con 14% y el albedo solo obtuvo el 6% de los registros.

### Métodos y tiempo de extracción

Los métodos de extracción de pectina utilizados en los estudios analizados fueron agrupados en 13 clases, de acuerdo con las técnicas utilizadas para lograr el propósito de cada estudio (Tabla 2). Entre ellos destaca la hidrólisis ácida como el método de extracción más utilizado (73.8%). Sin embargo, este grupo se subdividió en tres al encontrar que este método recibió asistencia por microondas y otro por ultrasonido, además de aquel que no recibió asistencia. La hidrólisis ácida sin asistencia (método convencional) fue reportada como la clase más utilizada para la extracción de pectina en el 67.7% de los estudios. La hidrólisis ácida asistida por microondas (4.6%) y la asistida por ultrasonido se usó en 1.5% de los trabajos.

En la revisión, el método de hidrólisis ácida destacó como el más utilizado. No obstante, como se observa en la Tabla 2, existe una amplia variedad de métodos para llevar a cabo la extracción de pectina y a ello hay que agregar que en cada uno pueden encontrarse variadas soluciones químicas que se emplean para la extracción.

Respecto al tiempo de duración de la extracción, fue reportado en 97.1% de los estudios. El análisis revela que 60 minutos fue el tiempo de duración más frecuente aplicado en el proceso (40.3% de los estudios) y únicamente 11.9% utilizó un tiempo de extracción de 90 minutos.

### Soluciones extractivas

Una de las partes más importantes en los métodos empleados para la extracción de la pectina en frutos es la solución extractiva que se adiciona a la hidrólisis. Del 100% de los datos reportados sobre

**Tabla 1.** Objetivos de las investigaciones en las publicaciones estudiadas

Objetivos de las Investigaciones	Publicaciones
Extracción y caracterización de pectina.	Ferreira <i>et al.</i> 1995, Vásquez <i>et al.</i> 2008, Chasquibol <i>et al.</i> 2008, Fredes <i>et al.</i> 2009, Cuesta <i>et al.</i> 2010, Leite <i>et al.</i> 2010, Loyola <i>et al.</i> 2011, Arellanes <i>et al.</i> 2011, Dos Santos <i>et al.</i> 2012, Púa <i>et al.</i> 2015, Chaparro <i>et al.</i> 2015, Curbelo <i>et al.</i> 2016, Barreto <i>et al.</i> 2017, Meza <i>et al.</i> 2017, Urango <i>et al.</i> 2018, Serrat <i>et al.</i> 2018, Maidana <i>et al.</i> 2019, Ávila <i>et al.</i> 2020.
Evaluación del contenido de pectina en diferentes genotipos	Chacín <i>et al.</i> 2010;
Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina.	Cerón <i>et al.</i> 2010, Cerón <i>et al.</i> 2011, Pérez 2019.
Aprovechamiento de residuo agroindustrial.	García <i>et al.</i> 2012.
Optimización del proceso de extracción de pectina	Alatriste <i>et al.</i> 2013.
Efecto de dos fases de maduración sobre la cantidad de pectina obtenida	Sindoni <i>et al.</i> 2013.
Extracción y caracterización reológica de almidón y pectina	Bello <i>et al.</i> 2014.
Efecto del grado de madurez sobre las propiedades fisicoquímicas de pectinas extraídas	Paredes <i>et al.</i> 2015.
Efecto del pretratamiento con ultrasonido en la extracción de pectina	Campo <i>et al.</i> 2016.
Estudio del efecto fisiológico del consumo de arepas enriquecidas con pectina extraída	Ortiz 2017.
Influencia del estado de coloración y del agente de extracción sobre la obtención de pectina	Cuenca <i>et al.</i> 2017.
Implementación de un método de extracción de pectina	Guerrero <i>et al.</i> 2017.
Modificaciones en los métodos para extraer pectina	Haddad <i>et al.</i> 2018.
Efecto de las condiciones de liofilización en propiedades fisicoquímicas, contenido de pectina y capacidad de rehidratación	Muñoz <i>et al.</i> 2018.

**Tabla 2.** Métodos de extracción.

Técnica o Método	Publicaciones
Hidrólisis Ácida	Ferreira <i>et al.</i> 1995, Devia <i>et al.</i> 2003, Vásquez <i>et al.</i> 2008, Chasquibol <i>et al.</i> 2008, Fredes <i>et al.</i> 2009, Loyola <i>et al.</i> 2011, Muñoz 2011, Arellanes <i>et al.</i> 2011, Cerón <i>et al.</i> 2010, Cuesta <i>et al.</i> 2010, Leite <i>et al.</i> 2010, Cerón <i>et al.</i> 2011, Loyola <i>et al.</i> 2011, Muñoz <i>et al.</i> 2011, García <i>et al.</i> 2012, Alatriste <i>et al.</i> 2013, Sindoni <i>et al.</i> 2013, Púa <i>et al.</i> 2015, Chaparro <i>et al.</i> 2015, Campo <i>et al.</i> 2016, Curbelo <i>et al.</i> 2016, Montaña <i>et al.</i> 2016, Barreto <i>et al.</i> 2017, Cuenca <i>et al.</i> 2017, Pérez 2019, Rendón <i>et al.</i> 2019, Suárez <i>et al.</i> 2019, Ávila <i>et al.</i> 2020, Ramírez <i>et al.</i> 2020.
Hidrólisis Ácida asistida por Microondas	Zegada <i>et al.</i> 2015, Urango <i>et al.</i> 2018.
Hidrólisis Ácida asistida por Ultrasonidos	Meza <i>et al.</i> 2017.
Método de McCready	Barazarte <i>et al.</i> 2008, García <i>et al.</i> 2012.
Método Enzimático	Zapata, <i>et al.</i> 2009.
Medio Ácido	Dos Santos <i>et al.</i> 2012, Serrat <i>et al.</i> 2018.
Método por Reflujo	Guerrero <i>et al.</i> 2017.
Método Químico	Maidana <i>et al.</i> 2019.
Método Kliemann	Muñoz <i>et al.</i> 2018.
Extracción con Etanol	Haddad <i>et al.</i> 2018.
Agua Acidulada	Chacín <i>et al.</i> 2010, Paredes <i>et al.</i> 2015.
Baño María	Bello <i>et al.</i> 2014.
Método Clásico de Extracción	Ortiz <i>et al.</i> 2017.

las soluciones empleadas en los estudios, se encontró que el ácido clorhídrico fue la solución extractiva de mayor uso (64.2%), seguida por el ácido cítrico que se utilizó en el 27.7% de los estudios (Figura 1).

### Temperatura a la que se realiza la hidrólisis

Otro de los factores analizados fue la temperatura a la cual se realiza el proceso de extracción de pectina. De los estudios contempla-

dos en el análisis 94% reportaron el dato. De estos, el 44% reporta haber empleado una temperatura de 90 °C para llevar a cabo el proceso extractivo en frutos. Este resultado dista mucho de las temperaturas que le siguen en orden de utilización, ya que las más próximas son de 85 °C en solo 12.3% de los estudios, así como 80 y 60 °C en 9.2% de los trabajos, respectivamente. Las temperaturas de 20 °C e inferiores fueron las menos utilizadas.

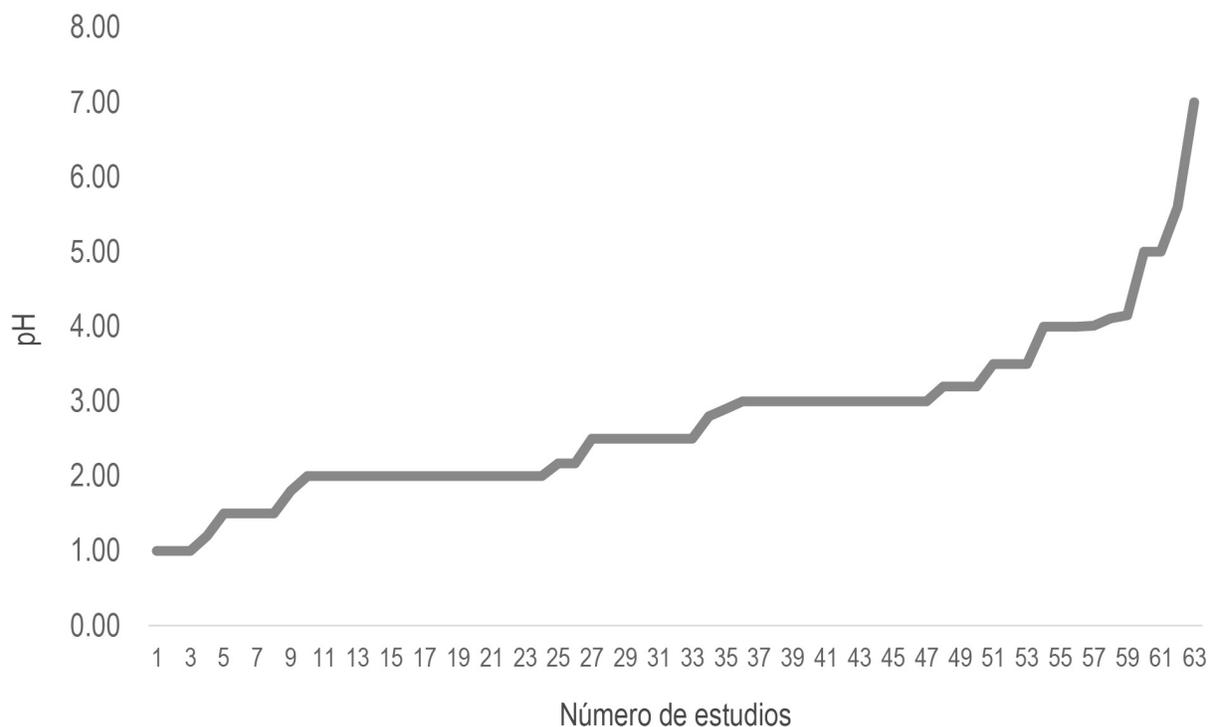


Figura 1. Valores de pH empleados en la extracción de pectina.

## pH

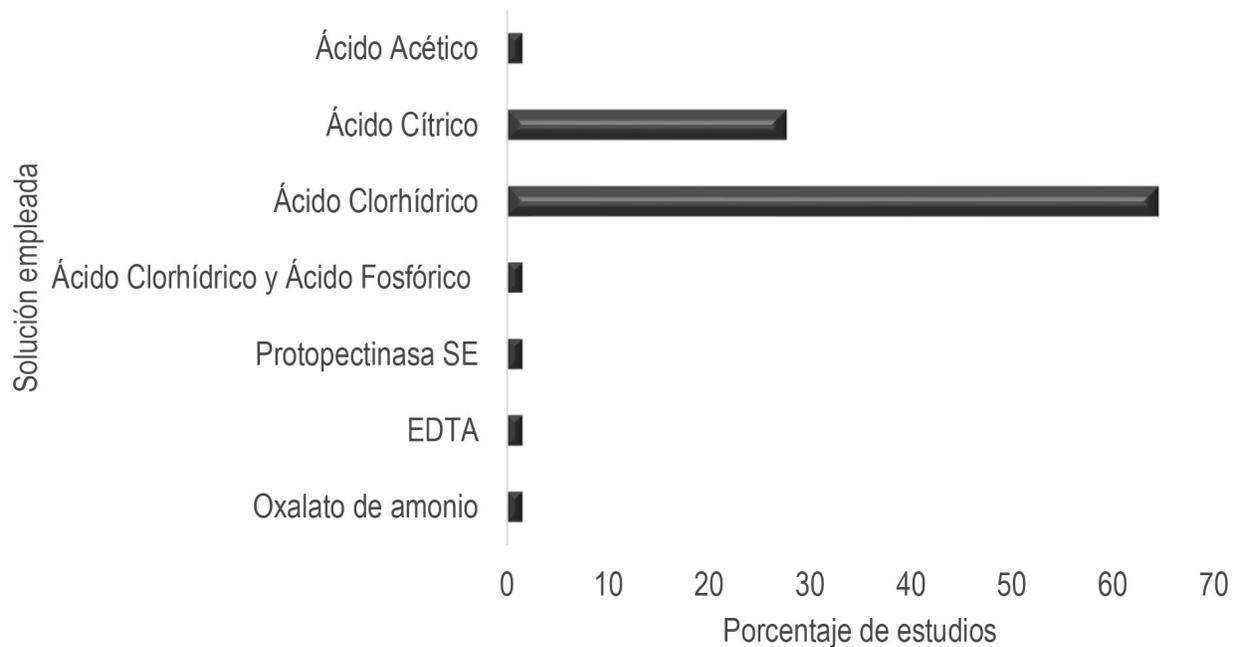
Los valores de pH empleados para la obtención de pectina en el análisis realizado fueron bastante amplios, abarcando desde uno hasta siete (Figura 1); este dato fue reportado en el 97.1% de los estudios. Al respecto, en 44.8% de los trabajos utilizaron un pH 1.0 a 2.2 para el proceso de extracción, aunque en 40.3% de los estudios señalaron haber utilizado un pH de 2.3 a 3.5. Como se muestra en la Figura 2, el pH menos utilizado en el proceso fue el ubicado en el rango de 6.2 a 7.4.

## DISCUSIÓN

### Fuente de pectina

La pectina presente en la cáscara y pulpa de frutas y verduras de residuos agroindustriales provenientes de los cítricos o frutos como guayaba (*Psidium guajava*), maracuyá (*Passiflora edulis*), plátano (*Musa × paradisiaca*), manzana (*Malus domestica*), entre otros, constituyen una importante fuente

de abastecimiento, no solo porque los residuos tienen una importante cantidad del biopolímero, sino porque además es una forma de aprovechar parte de los desechos biológicos de las agroindustrias, que por lo general, suelen convertirse en un problema de contaminación al ambiente o que su disposición final bajo un adecuado tratamiento incrementa los costos de producción (Chetouani *et al.* 2017, Mendoza *et al.* 2017, Roman-Benn *et al.* 2023). Se encontraron diversos procedimientos metodológicos y variantes dentro de cada procedimiento con un número distinto de etapas para aprovechar la pectina de los residuos de frutos, pero el control sobre los valores de factores, como la temperatura, pH y tiempo además de la solución extractiva utilizada, determinan el rendimiento y calidad de la pectina que puede ser obtenida de esta materia prima altamente demandada en diversas industrias, mismas que se encuentran en constante búsqueda de métodos de extracción que logren proporcionar un mayor rendimiento y pectina de buena calidad.



**Figura 2.** Soluciones utilizadas en la extracción de pectina en los estudios.

### Métodos y tiempo de extracción

El tiempo de extracción de pectina por el método convencional puede variar entre 30 y 360 minutos (Voragen *et al.* 2009). Si se busca ahorrar tiempo en el proceso, puede utilizarse el método de hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO) donde autores como Zegada 2015 y Urango *et al.* 2018) reportan haber logrado buenos resultados con tiempos de 15 minutos o menores. En este sentido, Yeoh *et al.* (2008) mencionan que con 15 minutos de extracción (aplicando el método HMO) se obtiene la misma cantidad de pectina que usando el método Soxhlet durante tres horas, lo que significa un importante ahorro de tiempo y energía. Sin embargo, también hay que señalar que existen problemas respecto al efecto de las ondas electromagnéticas en la estructura de la pectina, puesto que, con solo cinco minutos de extracción a una potencia de 1000 W, la radiación por microondas destruye la organización de la estructura de la piel en naranjas, lo que ocurre con menor intensidad utilizando el método convencional para la extracción por un tiempo de hasta 18 h (Zhongdong *et al.* 2006). Aunque con el método HMO se reducen

los tiempos y el gasto de energía, en el presente estudio el 75.4% de los autores aplicaron el método de hidrólisis ácida para llevar a cabo el proceso de extracción convencional de la pectina y un 24% utilizó un tiempo de 60 min. Quizá esto se explica porque al utilizar el método de extracción convencional, en comparación con el HMO, se obtiene un incremento de aproximadamente 23% en el rendimiento y la pectina que se obtiene en el proceso es de mayor pureza y, por tanto, de mejor calidad al contar con aproximadamente 70% de esterificación (Zegada 2015). Un elevado porcentaje de esterificación es relevante, ya que las pectinas se clasifican por su grado de esterificación; a mayor grado de esterificación, se logra una gelificación más rápida, característica ampliamente buscada en la industria, al tiempo que permite proveer del biopolímero, ya que actualmente existe una gran demanda. Bajo esta información, el método de hidrólisis ácida convencional es el método con el que se logra obtener una mayor calidad y un mayor rendimiento, que parece compensar la desventaja del aumento en el tiempo de extracción.

## Soluciones extractivas

La adición de ácido a la extracción química de pectina es fundamental, ya que funciona como un extractante logrando que, en solo dos fases, la pectina presente en los tejidos vegetales se solubilice y se difunda en el extractante. Sin embargo, la aplicación de ácido tiene la desventaja de que se pierde parte de la pectina solubilizada como parte del proceso de extracción, lo que afecta las características de la pectina extraída y el rendimiento del proceso (Panchev 1989). El uso de levaduras productoras de protopectinasas (PPasas) como extractante suele tener buenos resultados al obtenerse un producto con peso molecular aceptable y altamente esterificado (Sakay 1988). En general, el uso de microorganismos presenta ventajas relacionadas con un mejor manejo de las variables que son necesarias en el proceso, como la temperatura y el potencial de hidrógeno, así como el grado de despolimerización. No obstante, este estudio revela que en 68% de los trabajos se utilizó ácido clorhídrico como solución extractante, lo que puede deberse a que el rendimiento de pectina en el proceso extractivo con microorganismos es inferior a los resultados que se obtienen con la aplicación de ácidos. Sin embargo, no debe perderse de vista que, por lo general, al término del proceso de extracción, los ácidos no suelen ser recuperados, por lo que se desechan y si no hay una adecuada disposición de residuos, pueden causar acidificación de afluentes y suelos impactando negativamente al ambiente (Vriesmann *et al.* 2011). Un método apropiado para la industria es el enzimático, ya que con este se logra una buena extracción de pectina con alto peso molecular y es más amigable con el ambiente (González *et al.* 2022), aunque tiene la desventaja de que sus resultados dependen de las interacciones enzima-sustrato, que puede verse afectada por la microestructura de la materia prima (Rubiano *et al.* 2022). No obstante, el adecuado conocimiento estructural de la sustancia péctica, o la protopectina de los materiales vegetales que se utilizan como fuente del biopolímero, permite el uso de enzimas más específicas para liberación de pectinas de alto peso molecular (Contreras *et al.* 1997).

## Temperatura

La temperatura es un factor muy importante de controlar durante el proceso de extracción; las combinaciones de temperatura y tiempos de exposición tienen también una importante influencia en los resultados del proceso extractivo. Al respecto, Zegada (2015) indica que, por lo general, en el proceso de obtención de pectina se aplican temperaturas que van entre 40 y 100 °C. En este sentido, Fredes *et al.* (2009) y Barazarte *et al.* (2008) apuntan que 90 °C es una temperatura adecuada para extraer el biopolímero de la cáscara de cacao. Sin embargo, Zegada (2015) aplicó una temperatura de 80 °C durante un periodo mayor a 40 min y demostró que a este tiempo y temperatura reduce el tamaño de las cadenas y el poder gelificante de la pectina, lo que puede indicar que, a mayores temperaturas y tiempo, la calidad de la pectina disminuye, aunque el rendimiento no parece afectarse. En este sentido, es importante hacer más estudios sobre las combinaciones entre temperaturas y tiempos del proceso, de acuerdo con los objetivos de cada extracción. Así, 90 °C parece ser la temperatura más adecuada para aplicar en el proceso extractivo de pectina en residuos de frutos, si lo que se busca es lograr un buen rendimiento, aunque no se obtenga la mayor calidad del biopolímero, tal como ocurrió en la mayor parte de los estudios analizados (45%).

## pH

Los valores del potencial de hidrógeno son de los más importantes de controlar en el proceso de extracción de pectina, puesto que influyen fuertemente en su calidad y primordialmente en el rendimiento. Al respecto, Zegada (2015), asevera que los valores de pH (independientemente del tiempo y la concentración de solvente) son los únicos que afectan la cantidad, además de afectar el porcentaje de ácido galacturónico de la pectina extraída, que es el referente de la pureza. Respecto a este último valor, la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) indica que el porcentaje mínimo de este ácido debe estar en 65%. Autores como Joye y Luzio (2000), han probado extracciones con pH entre 3 y 3.3 sin adicionar sales polivalentes y con esos valores de pH,

únicamente fue posible extraer la pectina no sensible al calcio, mientras que, al trabajar con un pH cercano a dos, lograron extraer el resto de la pectina. En este último sentido, existen varios estudios que confirman el aumento en la pectina extraída con la disminución en los valores de pH (valores de dos o inferiores) y, por el contrario, el descenso en el rendimiento cuando los valores de pH aumentan (Fishman *et al.* 2006, Voragen *et al.* 2009, Vera *et al.* 2016). No obstante, al elevar los valores de pH, se produce un incremento importante en la viscosidad intrínseca, así como en mayor masa molar. Esta variabilidad de respuesta en función de los valores usados, puede ser la razón por la que en los trabajos analizados se tuvieron valores de pH de uno hasta siete, colocándose casi el 45% entre 1 y 2.2, lo que permite inferir que el objetivo primordial de la extracción se encontraba centrado en el rendimiento y quizá en búsqueda de un equilibrio con la calidad del producto.

Si el objetivo de la extracción se encuentra en función de la cantidad que se desea obtener, es recomendable tener pH con valores bajos, pero si lo que se busca es lograr biopolímero de alta calidad, entonces lo mejor será incrementar los valores del

pH. Ahora bien, si se pretende lograr un equilibrio entre la calidad y la producción obtenida, lo aconsejable es trabajar con un valor intermedio entre uno y tres.

## CONCLUSIONES

Los residuos agroindustriales son una importante fuente de abastecimiento de pectina. El proceso de extracción de este biopolímero cuenta con una gran cantidad de métodos químicos, microbiológicos y enzimáticos dentro de los que, el método químico de hidrólisis ácida sin asistencia fue el más aplicado para la extracción de pectina, utilizando como solución extractiva principalmente el ácido clorhídrico, con temperatura de 90 °C, pH entre 1 y 2.2, y tiempo de 60 min. El proceso extractivo es influido por los valores y las combinaciones de valores de la solución extractante utilizada, la temperatura a la que se realiza la hidrólisis, el pH con el que se realiza el proceso y el tiempo de duración de la extracción. Estos factores determinan la calidad y el rendimiento de la pectina obtenida.

## LITERATURA CITADA

- Barazarte H, Sangronis E, Unai E (2008) La cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.): una posible fuente comercial de pectinas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 58: 64-70.
- Campo-Vera Y, Villada-Castillo DC, Meneses-Ortega, JD (2016) Effect of the pre-tratamiento with ultrasound in the extraction of pectin contained in the albedo of the maracuyá (*Passiflora edulis*). *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial* 14: 103-109.
- Contreras EJ, Hours R, Aguilar C, Reyes VM, Romero J (1997) Revisión: Extracción microbiológica y enzimática de pectina. *Archivos Latinoamericanos de nutrición* 47: 208-216.
- Chetouani A, Follain N, Marais S, Rihouey C, Elkolli M, Bounekhel M, Benachour D, Le Cerf D (2017) Physico-chemical properties and biological activities of novel blend films using oxidized pectin/chitosan. *International Journal of Biological Macromolecules* 97: 348-356.
- Delgado ASJ, Zambrano MGJ, Burgos BGA, Moreira-Mendoza CA (2023) Evaluación de los residuos agroindustriales con potencial para biocombustibles. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios* 10: 53-73.
- Dubey P, Tripathi G, Yousuf O (2023) Current scenario and global perspectives of citrus fruit waste as a valuable resource for the development of food packaging film. *Trends in Food Science & Technology* 141(12): 104190. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104190>.

- Dubey V, Mohan P, Dangi JS, Kesavan K (2020) Brinzolamide loaded chitosan-pectin mucoadhesive nanocapsules for management of glaucoma: Formulation, characterization and pharmacodynamic study. *International Journal of Biological Macromolecules* 152: 1224-1232.
- FAO (2016) Monographs 19: Pectins. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 7p. <https://www.fao.org/publications/card/es/c/731ec694-44a0-46dc-8cd4-ceedba81eec68/> Fecha de consulta: 07 de diciembre de 2022.
- FAO (2022) Todos podemos cambiar la situación en los siguientes ámbitos. Residuos. Datos y cifras. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. <https://www.un.org/es/actnow/facts-and-figures> . Fecha de consulta: 23 de octubre de 2022.
- Fishman ML, Chau HK, Hoagland PD, Hotchkiss AT (2006) Microwave-assisted extraction of lime pectin. *Food Hydrocolloids* 20: 1170-1177.
- Fredes MC, Loyola-López N, Muñoz CJC (2009) Extracción de pectinas de *Vitis labrusca* cv. concord para producir jaleas. *Idesia (Arica)* 27: 9-14.
- Frosi I, Balduzzi A, Moretto G, Colombo R, Papetti A (2023) Towards Valorization of Food-Waste-Derived Pectin: Recent Advances on Their Characterization and Application. *Molecules* 28(17): 6390. <https://doi.org/10.3390/molecules28176390>.
- González LVP, Gómez SPM, Abad PAG (2017) Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 8: 141-150.
- González VR, Numpaque MM, Da Silva DN (2022) Pectinas: extracción, usos e importancia en la agroindustria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 6: 5294-5309.
- Joye DD, Luzio GA (2000) Process for selective extraction of pectins from plant material by differential pH. *Carbohydrate Polymers* 43: 337-342.
- López DF, Osorio O, Checa OE (2019) Propiedades mecánicas de un material de pectina para revestimiento de fibras naturales utilizadas en aplicaciones agrícolas. *Información tecnológica* 30: 189-198.
- Mejías-Brizuela N, Orozco-Guillén E, Galán-Hernández N (2016) Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales* 2: 27-41.
- Mendoza-Vargas L, Jiménez-Forero J, Ramírez-Niño M (2017) Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica* 20: 131-138.
- Panchev IN, Kirtchev NA, Kratchanov C (1989) Kinetic model of pectin extraction. *Carbohydrate polymers* 11: 193-204.
- Paredes J, Hernández R, Cañizares A (2015) Efecto del grado de madurez sobre las propiedades fisicoquímicas de pectinas extraídas de cascos de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Idesia* 33: 35-41.
- Roman-Benn A, Contador CA, Li M-W, Lam H-M, Ah-Hen K, Ulloa PE, Ravanal MC (2023) Pectin: An overview of sources, extraction and applications in food products, biomedical, pharmaceutical and environmental issues. *Food Chemistry Advances* 2: 100192. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100192>.
- Romero-Sáez M (2022) Los residuos agroindustriales, una oportunidad para la economía circular. *Tecnológicas* 25: e2505. DOI: 10.22430/22565337.2505.

- Rubiano GV, Montaña NM, Da Silva DN (2022) Pectinas: extracción, usos e importancia en la agroindustria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 6: 5294-5309.
- Sakai T (1988) Protopectinase from yeast and yeast-like fungus. *Methods in Enzymology* 161: 335-350.
- Serrat-Díaz M, De la Fé-Isaac DA, De la Fé-Isaac JA, Montero-Cabrales C (2018) Extracción y caracterización de pectina de pulpa de café de la variedad Robusta. *Revista Cubana de Química* 30: 522-538.
- Urango-Anaya KJ, Ortega-Quintana FA, Vélez-Hernández G, Pérez-Sierra ÓA (2018) Extracción rápida de pectina a partir de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* flavicarpa) empleando microondas. *Información Tecnológica* 29: 129-136.
- Vera YC, Castillo DCV, Ortega JDM (2016) Efecto del pre-tratamiento con ultrasonido en la extracción de pectina contenida en el albedo del maracuyá (*Passiflora edulis*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 14: 103-109.
- Voragen AG, Coenen GJ, Verhoef RP, Schols HA (2009) Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls. *Structural Chemistry* 20: 263-275.
- Vriesmann LC, Amboni RDDMC, De Oliveira PCL (2011) Cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.): Composition and hot-water-soluble pectins. *Industrial crops and products* 34: 1173-1181.
- Yeoh S, Zhang S, Shi J, Langrish TAG (2008) A comparison of different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels. *Chemical Engineering Communications* 195: 511-520.
- Zapata ADZ, Montoya CAG, Cavalitto SF, Hours RA, Rojano BA (2012) Enzymatic maceration of albedo layer from sour orange (*Citrus aurantium* L.) with protopectinase-se and measurement of antioxidant activity of the obtained products. *LWT-Food Science and Technology* 45: 289-294.
- Zapata AD, Escobar GCA, CAVALITTO SF, HOURS RA (2009) Evaluación de la capacidad de solubilización de pectina de cáscara de limón usando protopectinasa-SE. *Vitae* 16: 67-74.
- Zegada VYF (2015) Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO). *Investigación & Desarrollo* 1: 65-76.
- Zhongdong L, Guohua W, Yunchang G, Kennedy JF (2006) Image study of pectin extraction from orange skin assisted by microwave. *Carbohydrate Polymers* 64: 548-552.