

PECTINAS: MACROMOLÉCULAS SALUDABLES, AMPLIAMENTE DISPONIBLES Y POCO RECONOCIDAS

Adriana Inés Rodríguez Hernández*, Ana Cristina Morales Vargas, Carolina Burgos González, Quetzalli Hernández Chávez, Norberto Chavarría Hernández*

Cuerpo Académico de Biotecnología Agroalimentaria. Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Avenida Universidad #133, Col. San Miguel Huatengo. C.P. 43775. Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo. México.

*Autores para correspondencia: inesr@uaeh.edu.mx; norberto@uaeh.edu.mx



RESUMEN

Las pectinas, a doscientos años de su descubrimiento y reconocimiento, continúan siendo macromoléculas que se destacan por sus aplicaciones versátiles, seguridad y potencial para el desarrollo de productos innovadores en múltiples industrias. Este artículo ofrece una síntesis histórica sobre su evolución, desde ingrediente culinario hasta molécula relevante en biotecnología por sus propiedades bioactivas y perfil de seguridad. Se detallan su estructura química, fuentes y tecno-funcionalidad. Estas macromoléculas vegetales han sido estudiadas por ser ingredientes naturales con capacidad para formar geles, texturizar o estabilizar productos alimenticios, así como por su actividad biológica diversa. En la última década, se han evaluado múltiples aplicaciones biotecnológicas y los polisacáridos estructurales de las pectinas han sido analizados por sus efectos antioxidantes, antiinflamatorios, prebióticos y antitumorales. Sin embargo, futuras investigaciones deberán esclarecer el papel de las pectinas en la promoción de la salud integral y su potencial preventivo y terapéutico.

Palabras clave: polisacáridos pécticos, oligosacáridos, fibra dietética, polisacáridos funcionales.

ABSTRACT

Two hundred years after their discovery and recognition, pectins continue to be macromolecules that stand out for their versatile applications, safety, and potential for the development of innovative products in multiple industries. This article offers a historical overview of their evolution, from a culinary ingredient to a relevant molecule in biotechnology due to its bioactive properties and safety profile. Their chemical structure, sources, and techno-functionality are detailed. These plant macromolecules have been studied both for their ability as natural ingredients capable of forming gels, texturizing or stabilizing food products, and for their biological activity. In the last decade, various biotechnological applications have been evaluated, and their pectic polysaccharides have been examined for their antioxidant, anti-inflammatory, prebiotic, and antitumor effects. However, future studies should clarify the role of pectins in promoting overall health and their preventive and therapeutic potential.

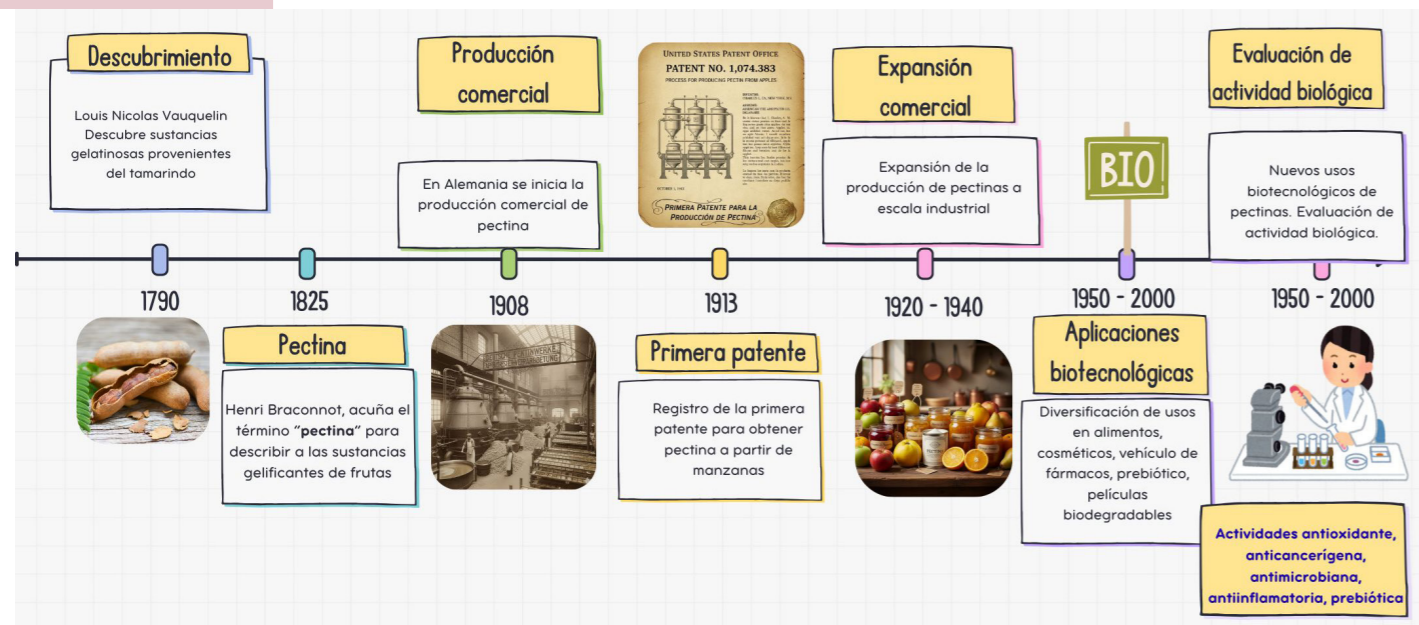
Keywords: pectic polysaccharides, oligosaccharides, dietary fiber, functional polysaccharides.

¿QUÉ SON LAS PECTINAS? RESEÑA HISTÓRICA

“Pectina” es un término que se usa para nombrar a una familia de moléculas muy grandes en tamaño y masa –macromoléculas–, que están presentes en las células de vegetales en donde funcionan como pegamento de fibras conocidas como celulosas o hemicelulosas. Se presume que la primera pectina se obtuvo del tamarindo en 1790 por el químico francés Louis Nicolas Vauquelin, a quien su curiosidad lo llevó a aislar una sustancia soluble en agua capaz de formar conservas de frutas gelificadas (Vauquelin, 1790). En 1825, ¡Hace doscientos años!, Henri Braconnot (Braconnot, 1825) describió las propiedades químicas de una sustancia ácida universalmente extendida en todas las plantas y la nombró “pectina” (del griego “pektikos” que significa solidificar o cuajar). En sus estudios, Braconnot destacó la capacidad de la pectina para formar geles en presencia de grandes cantidades de agua azucarada, presagiando numerosas aplicaciones en repostería y confitería.

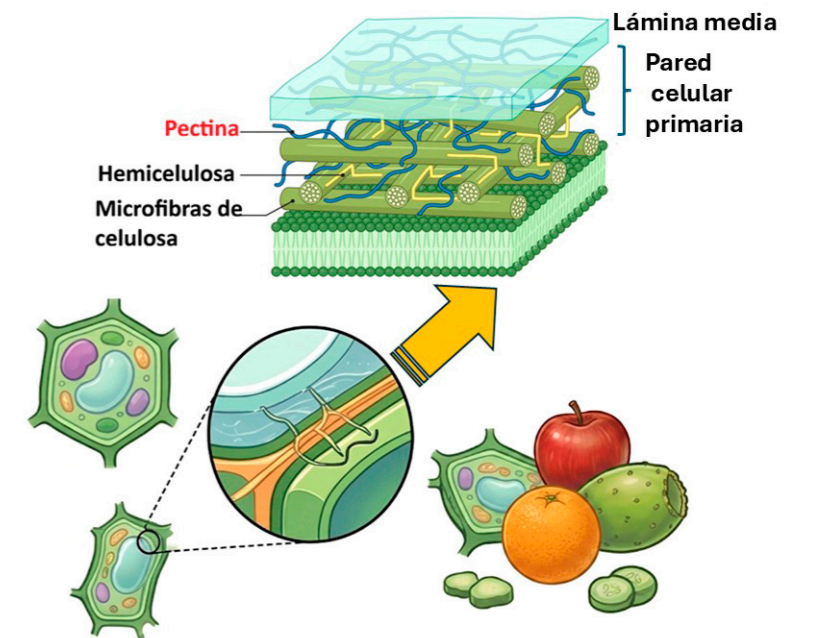
Las pectinas se han usado ancestralmente en cocinas europeas, hay recetarios del siglo XVI-II en donde se describe el uso de frutas ricas en pectinas como el membrillo, la manzana y la grosella. Sin embargo, la producción industrial de pectinas se inició en Alemania alrededor de 1908. Posteriormente, en 1913, Robert Douglas obtuvo en Estados Unidos la primera patente de la extracción de pectina de manzana, la cual nombró “pectosa” –ingrediente para elaborar mermeladas, jaleas o fruta enlatada– (Douglas, 1913). Entre los años 1920 y 1940 se estableció la producción comercial de pectinas a escala industrial en diferentes países. Se obtenían principalmente del orujo de manzana y de las cáscaras de cítricos, desechos de la industria de jugos. A finales del siglo XX la producción de pectinas se fue reubicando en regiones con gran producción de frutas ricas en pectinas (cítricos, manzana y remolacha, principalmente) como Europa, México, Brasil y China (Ciriminna et al. 2015). En el año 2022 los principales países exportadores de pectinas fueron Alemania, Dinamarca y México (Gobierno de México, 2025). En la figura 1 se presenta la historia resumida de las pectinas.

Figura 1. Cronología de las pectinas.



Las pectinas se consideran ingredientes naturales y seguros, han sido ampliamente evaluadas por autoridades regulatorias como la Administración de Alimentos y Medicamentos de EE. UU (FDA por sus siglas en inglés), la Comisión del Codex Alimentarius y el Comité mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA). Desde 1969, año en que se iniciaron las evaluaciones sobre la seguridad del consumo de pectinas en alimentos, se ha concluido que no hay preocupaciones de seguridad para la población general (Paulionis et al. 2015). A 200 años del reconocimiento de la pectina como macromolécula vegetal gelificante, esta gran familia de moléculas se considera uno de los ingredientes naturales más versátiles que continúa sorprendiendo a personas científicas y tecnólogas. Son biopolímeros multifuncionales con amplias aplicaciones biotecnológicas y biomédicas de alto valor agregado.

Figura 2. Representación de la composición macromolecular de una célula vegetal.



2 PECTINAS: UNA FAMILIA DE MACROMOLÉCULAS MUY COMPLEJAS

La pectina es un complejo de macromoléculas presente en células vegetales. Por su composición, predominantemente a base de carbohidratos o glúcidos, se denominan polisacáridos. La pectina está presente en la pared celular primaria y en la lámina media (Figura 2). En las plantas dicotiledóneas, en donde se incluyen la mayoría de los árboles, frutas y verduras (ejemplo: mango, manzano, peral, cerezo, girasol, zanahoria), la pectina representa alrededor del 35% de la pared celular; en las gramíneas (cebada, arroz, maíz, trigo, entre otras) se encuentra en proporciones del 2 al 10%, mientras que en tejidos leñosos, como los tallos, ramas y troncos de árboles y arbustos, su contenido es de aproximadamente 5% (Chandel et al. 2022). La pectina cumple diversas funciones dentro de la planta; una de ellas es su participación en la formación y fortalecimiento de las paredes celulares, lo que proporciona resistencia y soporte estructural. Además, desempeña un papel importante en el transporte de

iones a través de la pared celular, ya que influye en propiedades como la porosidad, la carga superficial, el pH y el equilibrio iónico (Voragen et al. 2009).

Estructuralmente, la pectina es una macromolécula formada por una cadena principal de un azúcar modificado con propiedades ácidas llamado ácido D-galacturónico (AGal). A esta cadena se le unen otras más pequeñas que forman ramificaciones, dando lugar a diferentes regiones o dominios estructurales (Figura 3) (Dang et al., 2025; Voragen et al., 2009):

- **Homogalacturonano (HG):** Es el dominio más simple y abundante, representa cerca del 60% de la molécula. Está formado por una cadena lineal de AGal, los cuales están unidos entre sí a través de enlaces glucosídicos α-(1→4). Los AGal pueden tener grupos metilo o acetilo unidos por enlaces éster, lo que influye en sus propiedades físicas y químicas.

- **Ramnogalacturonano I (RG-I):** Constituye entre el 20 y 30% de la pectina. Su cadena principal alterna AGal y ramnosa (Ram), y de esta estructura surgen cadenas laterales de galactosa y arabinosa, que aportan diversidad y funcionalidad a la pared celular.
- **Ramnogalacturonano II (RG-II):** Representa aproximadamente el 10% de la molécula, es el dominio más complejo y sofisticado. Posee una cadena principal de AGal con ramificaciones laterales variadas, que incluyen hasta doce tipos de azúcares, lo que le confiere una arquitectura esencial para las interacciones químicas y físicas de la pectina.
- **Xilogalacturonano (XGA):** Es menos abundante, compuesto por AGal con ramificaciones de xilosa.

han reconocido que el HG constituye el dominio más abundante dentro de la estructura global de la pectina. Un aspecto clave para comprender tanto la composición química como la funcionalidad de las pectinas es la proporción de grupos carboxilo de las unidades de AGal que se encuentran metil-esterificados, en comparación con el total de grupos carboxílicos presentes en la molécula. Este parámetro se conoce como grado de metil-esterificación (DM), dependiendo de este grado, las pectinas se clasifican en dos tipos: las que presentan un DM menor al 50% son denominadas pectinas de bajo metoxilo, y aquellas con un DM mayor al 50% se conocen como pectinas de alto metoxilo. Esta característica es fundamental porque determina su comportamiento tecno-funcional. Las pectinas de bajo metoxilo gelifican en presencia de iones de calcio, mientras que las de alto metoxilo requieren ambientes con alta acidez y una concentración elevada de solutos para formar geles. Estas últimas pectinas han sido ancestralmente usadas en confitería para elaborar mermeladas, ates y conservas de frutas.

La estructura y la cantidad de pectina pueden mostrar diferencias notables según el origen botánico de la fuente vegetal. Diversos estudios

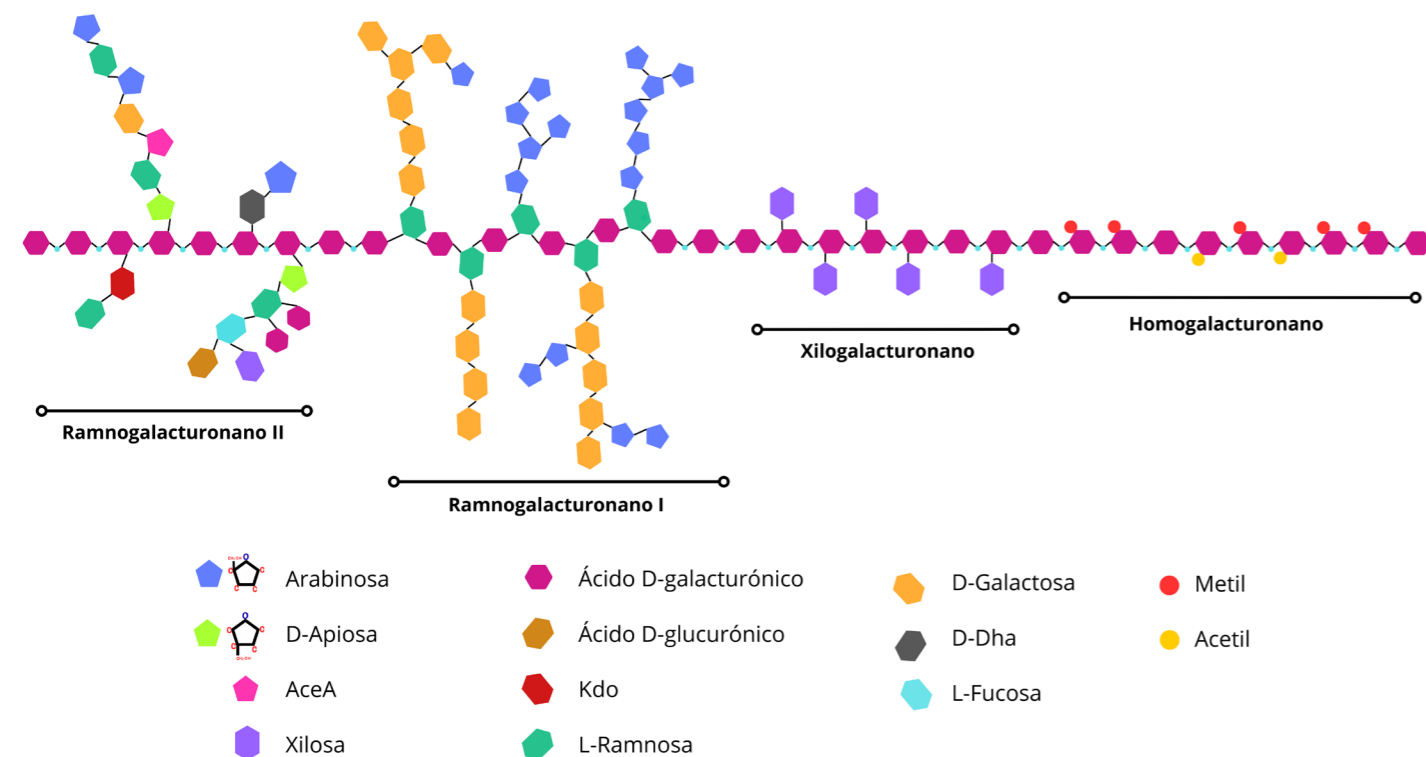


Figura 3. Representación de los cuatro dominios estructurales de las pectinas.

3 ¿CÓMO SE OBTIENEN LAS PECTINAS?

Desde hace más de un siglo, la pectina se ha extraído principalmente del orujo de las manzanas o cáscaras de cítricos, productos de desecho de la industria juguera. Sin embargo, el interés por aprovechar mejor los recursos naturales y reducir el impacto ambiental asociado al desperdicio de alimentos ha impulsado la búsqueda de nuevas fuentes de pectinas. El aprovechamiento de fuentes no convencionales de pectina se perfila como una estrategia ecológica y sostenible que impulsa la economía circular. Gracias a la investigación científica, es posible transformar residuos de frutas en pectinas con propiedades funcionales valiosas para la industria alimentaria, cosmética, farmacéutica e incluso la biomedicina. Así, la ciencia no solo mejora la calidad de los productos que consumimos, sino que también promueve un uso más eficiente de los recursos naturales. En los últimos años se han explorado fuentes de extracción no convencionales como cáscaras de mango, remolacha, pitahaya, tuna, xoconostle, papaya, melón, yuca y sandía, entre muchas otras, lo que permite aprovechar la biodiversidad de distintos ecosistemas y generar productos con mayor valor agregado (Figura 4) (Kalita et

al. 2025). Factores como el tipo de fruta, su grado de madurez y las condiciones de extracción afectan parámetros clave: contenido de ácido galacturónico, grado de metil-esterificación, nivel de ramificación y presencia de compuestos fenólicos. Estas variaciones modifican su capacidad gelificante, emulsificante y su posible actividad biológica (capacidad antioxidante, actividad antimicrobiana, anticancerígena, antiinflamatoria, etc.). Por ello, las pectinas no son todas iguales. Las obtenidas de cítricos y manzana son ampliamente utilizadas en alimentos por su capacidad para formar geles y estabilizar productos. En cambio, las extraídas de fuentes no convencionales —como cáscaras de frutas tropicales o especies del género *Opuntia*— se investigan por su potencial biotecnológico: antioxidante, antimicrobiano, prebiótico y como base para materiales biodegradables (Barrera-Chamorro et al. 2025; Morales-Martínez et al. 2018; Rodríguez-Hernández y Chavarría-Hernández, 2021). En el Cuadro 1 se presentan algunas fuentes de pectinas, junto con sus rendimientos de extracción y sus principales características o tecno-funcionalidad.



Figura 4. Algunas fuentes que se han explorado para la obtención de pectinas.

Fuente	Rendimiento de extracción (gpectina/100 g sólidos material vegetal)	Tecno-funcionalidad	Referencia
Manzana inmadura (<i>Spondias dulcis</i>)	6.8 a 23.3	Espesante, gelificante, estabilizante	Bhat et al. 2024
Orojo de manzana (<i>Malus pumila</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Spondias dulcis</i>)	14.6 a 23.3	Espesante, gelificante, estabilizante	Bhat et al. 2024; Ma et al. 2019
Cáscara de Limón (<i>Citrus limon</i>)	8.6 a 30.6	Espesante, estabilizante, sustituto de grasa, formadora de películas	Karim et al. 2022
Cáscara de Naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	3.0 a 31.2	Gelificante, estabilizante, espesante, formadora de recubrimientos	Iniguez-Moreno et al. 2024
Fuentes no convencionales			
Cabeza de girasol (<i>Helianthus annuus</i> L.)	8.6 a 10.9	Estabilizante, emulsionante, espumante	Ezzati et al. 2020
Remolacha azucarera (<i>Beta vulgaris</i>)	24.6	Estabilizante, emulsionante	Fernández-Delgado et al. 2023
Cáscara de mango (<i>Mangifera indica</i> L.)	3.5 a 31.7	Estabilizante, formadora de películas de embalaje biodegradables	Karim et al. 2022
Papaya (<i>Carica papaya</i> L.)	5.8 a 20.2	Gelificante, espesante, estabilizante	Pedraza-Guevara et al. 2021
Cáscara de melón	2.9 a 29.0	Estabilizante, emulsificante, gelificante, encapsulante	Raji et al. 2017
Cáscara de sandía	14.2 a 19.3	Estabilizante, espumante, emulsificante, encapsulante	Petkowicz et al. 2017
Cáscara de Tuna (<i>Opuntia albicarpa</i>)	9.8 a 13.7	Gelificante, espesante, emulsionante	Lira-Ortiz et al. 2014; Morales-Martínez et al. 2018; Rodríguez-Hernández y Chavarría-Hernández, 2021
Tuna (<i>Opuntia robusta</i>)	14.6 a 15.7	Espesante, gelificante	Mota et al. 2020
Xoconostle o tuna ácida (<i>Opuntia matudae</i>)	10.5	Gelificante, espesante	Morales-Martínez et al. 2018
Yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i>)	12.5 a 14.9 25.4 a 35.1	Gelificante, modificador de textura	Li et al. 2019 Islam et al. 2023

Cuadro 1. Rendimientos de extracción y propiedades tecno-funcionales de pectinas obtenidas de distintas fuentes.

4

NUEVOS HALLAZGOS Y PERSPECTIVAS

La fuente y el proceso de obtención y purificación de pectinas impactan en su estructura y en sus propiedades tecno-funcionales, tales como la viscosidad de sus soluciones, la capacidad de formar geles, estabilizar suspensiones, formar emulsiones estables, encapsular compuestos lábiles o formar películas. Estas propiedades, además de su función como fibra dietética, han sido ampliamente utilizadas en la industria de los alimentos, en farmacia y en productos de cuidado personal. La pectina es una molécula usada como ingrediente natural, es un aditivo seguro sin límite de ingesta diaria y es uno de los pocos polisacáridos usado en medicina, en farmacia y en ingeniería biomédica. El interés científico en las pectinas es evidente a partir de la considerable cantidad de artículos y revisiones publicados en las últimas dos décadas. De acuerdo con la base de datos Web of Science, en el periodo de 2005 a 2025 se publicaron 358 artículos cuyo tema central fue pectinas. En el último lustro, el número de publicaciones se ha ampliado y México está entre los principales países en donde se realizan investigaciones concernientes a pectinas (Figura 5).

Las investigaciones recientes abordan la búsqueda de nuevas fuentes y métodos de extracción de pectinas, así como su caracterización bioquímica y fisicoquímica. Además, se examinan las propiedades bioactivas de diversas pectinas y sus polisacáridos estructurales. Diversos estudios han reportado los efectos positivos de los polisacáridos de pectina sobre la inmunidad intestinal. En el tracto intestinal, la fermentación de la pectina genera ácidos grasos de cadena corta que favorecen la salud intestinal y el peristaltismo, además de evidenciarse que la pectina funciona como una macromolécula prometedoras con propiedades antiinflamatorias e inmunomoduladoras para el alivio de la inflamación y la inhibición del desarrollo de tumores (Dang et al. 2025). No obstante, la complejidad estructural de las pectinas requiere una investigación más profunda para esclarecer la relación entre su estructura y función biológica.

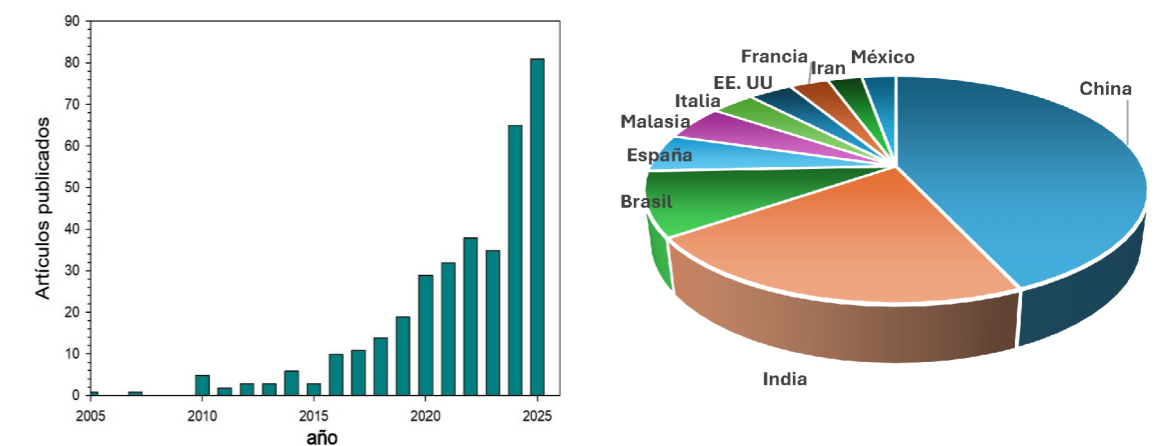


Figura 5. Número de publicaciones en las últimas dos décadas dedicadas a pectinas y principales países de origen de los autores para correspondencia. Datos obtenidos de la base de datos Web of Science (<https://clarivate.com>) el 20 de diciembre de 2025.

5 CONCLUSIÓN

Las pectinas son macromoléculas de origen vegetal, ancestralmente consumidas como parte de nuestros alimentos; se consideran aditivos alimentarios seguros y se están consolidando como ingredientes "naturales" o de etiqueta limpia que promueven la salud de los consumidores. En años recientes, se han investigado múltiples aplicaciones biotecnológicas de los polisacáridos pécticos, tales como vehículos para moléculas bioactivas, prebióticos y materiales para películas biodegradables. Además, diversos estudios han analizado sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, prebióticas y antitumorales. Sin embargo, las investigaciones futuras deberán explicarnos el papel de las pectinas en la promoción del bienestar general y su potencial en la prevención y tratamiento de enfermedades, lo cual deberá contribuir a la búsqueda y el uso de estas macromoléculas de base biológica, en la salud y en la alimentación humana.

6 AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) el financiamiento del proyecto CBF-2025-I-1581.



REFERENCIAS

- Barrera-Chamorro, L., Fernandez-Prior, A., Rivero-Pino, F., & Montserrat-de la Paz, S. (2025). A comprehensive review on the functionality and biological relevance of pectin and the use in the food industry. *Carbohydr Polym*, 348(Pt A), 122794. doi:10.1016/j.carbpol.2024.122794
- Bhat, M. I., Rashid, S. J., Ahmad, M. I., Rafiq, S., Fayaz, I., Mir, M. J., . . . Makroo, H. A. (2024). Comparative study on thermo-mechanical, structural and functional properties of pectin extracted from immature wasted apples and commercial pectin. *Int J Biol Macromol*, 254(Pt 1), 127658. doi:10.1016/j.ijbiomac.2023.127658
- Braconnot, M. H. (1825). Recherches sur un nouvel acide universellement répandu dans tous les végétaux. *Annales de Chimie et de Physique*, 28, 173 - 178.
- Chandel, V., Biswas, D., Roy, S., Vaidya, D., Verma, A., & Gupta, A. (2022). Current Advancements in Pectin: Extraction, Properties and Multifunctional Applications. *Foods*, 11(17). doi:10.3390/foods11172683
- Ciriminna, R., Chavarría-Hernández, N., Rodríguez-Hernández, A. I., & Pagliaro, M. (2015). Pectin: A new perspective from the biorefinery standpoint. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 9(4), 368-377. doi:10.1002/bbb.1551
- Dang, G., Li, J., Yin, C., Wang, W., Zhang, K., Zhong, R., . . . Schroyen, M. (2025). Deciphering Pectin: A Comprehensive Overview of Its Origins, Processing, and Promising Utility. *ACS Omega*, 10(1), 1-15. doi:10.1021/acsomega.4c01843
- Douglas, R. (1913). United States Patent No. United States Patent Office.
- Ezzati, S., Ayaseh, A., Ghanbarzadeh, B., & Heshmati, M. K. (2020). Pectin from sunflower by-product: Optimization of ultrasound-assisted extraction, characterization, and functional analysis. *Int J Biol Macromol*, 165(Pt A), 776-786. doi:10.1016/j.ijbiomac.2020.09.205
- Fernández-Delgado, M., del Amo-Mateos, E., Coca, M., López-Linares, J. C., García-Cubero, M. T., & Lucas, S. (2023). Enhancement of industrial pectin production from sugar beet pulp by the integration of surfactants in ultrasound-assisted extraction followed by diafiltration/ultrafiltration. *Industrial Crops and Products*, 194. doi:10.1016/j.indcrop.2023.116304
- Gobierno de México (2025). https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/pectic-substances-pectinates-and-pectates?utm_source=chatgpt.com
- Iniguez-Moreno, M., Pizana-Aranda, J. J. P., Ramirez-Gamboa, D., Ramirez-Herrera, C. A., Araujo, R. G., Flores-Contreras, E. A., . . . Melchor-Martinez, E. M. (2024). Enhancing pectin extraction from orange peel through citric acid-assisted optimization based on a dual response. *Int J Biol Macromol*, 263(Pt 1), 130230. doi:10.1016/j.ijbiomac.2024.130230
- Islam, M. R., Biswas, M. M. H., Esham, M. K. H., Roy, P., Khan, M. R., & Hasan, S. M. K. (2023). Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) by-products a novel source of pectin: Studies on physicochemical characterization and its application in soup formulation as a thickener. *Food Chemistry Advances*, 2. doi:10.1016/j.focha.2023.100273
- Kalita, P., Bhattacharjee, B., Pachua, L., & Roy, S. (2025). Recent trends in pectin sources, extraction, and active-edible coating applications. *Food Control*, 171. doi:10.1016/j.foodcont.2024.111105
- Karim, R., Nahar, K., Zohora, F. T., Islam, M. M., Bhuiyan, R. H., Jahan, M. S., & Shaikh, M. A. A. (2022). Pectin from lemon and mango peel: Extraction, characterisation and application in biodegradable film. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 4. doi:10.1016/j.carpta.2022.100258
- Li, W. J., Fan, Z. G., Wu, Y. Y., Jiang, Z. G., & Shi, R. C. (2019). Eco-friendly extraction and physicochemical properties of pectin from jackfruit peel waste with subcritical water. *J Sci Food Agric*, 99(12), 5283-5292. doi:10.1002/jsfa.9729
- Lira-Ortiz, A. L., Reséndiz-Vega, F., Ríos-Leal, E., Contreras-Esquivel, J. C., Chavarría-Hernández, N., Vargas-Torres, A., & Rodríguez-Hernández, A. I. (2014). Pectins from waste of prickly pear fruits (*Opuntia albicarpa* Scheinvar 'Reyna'): Chemical and rheological properties. *Food Hydrocolloids*, 37, 93-99. doi:10.1016/j.foodhyd.2013.10.018
- Ma, Y., Luo, J., & Xu, Y. (2019). Co-preparation of pectin and cellulose from apple pomace by a sequential process. *J Food Sci Technol*, 56(9), 4091-4100. doi:10.1007/s13197-019-03877-5
- Morales-Martínez, Y., López-Cuellar, M. d. R., Chavarría-Hernández, N., & Rodríguez-Hernández, A. I. (2018). Rheological behaviour of acetylated pectins from cactus pear fruits (*Opuntia albicarpa* and *O. matudae*). *Food Hydrocolloids*, 85, 110-119. doi:10.1016/j.foodhyd.2018.07.009
- Mota, J., Muro, C., Illescas, J., Hernández, O. A., Tecante, A., & Rivera, E. (2020). Extraction and Characterization of Pectin from the Fruit Peel of *Opuntia robusta*. *ChemistrySelect*, 5(37), 11446-11452. doi:10.1002/slct.202002181
- Paulionis, L., Walters, B., & Li, K. (2015). Authorised EU health claims on pectins. In *Foods, Nutrients and Food Ingredients with Authorised EU Health Claims: Volume 2* (pp. 153-174).
- Pedraza-Guevara, S., do Nascimento, R. F., Canteri, M. H. G., Muñoz-Almagro, N., Villamiel, M., Fernández-Ponce, M. T., . . . Ibañez, E. (2021). Valorization of unripe papaya for pectin recovery by conventional extraction and compressed fluids. *The Journal of Supercritical Fluids*, 171. doi:10.1016/j.supflu.2020.105133
- Petkowicz, C. L. O., Vriesmann, L. C., & Williams, P. A. (2017). Pectins from food waste: Extraction, characterization and properties of watermelon rind pectin. *Food Hydrocolloids*, 65, 57-67. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.10.040
- Raji, Z., Khodaiyan, F., Rezaei, K., Kiani, H., & Hosseini, S. S. (2017). Extraction optimization and physicochemical properties of pectin from melon peel. *J Biol Macromol*, 98, 709-716. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.01.146
- Rodríguez-Hernández, A. I., & Chavarría-Hernández, N. (2021). Novel pectins from prickly pear fruits (*Opuntia albicarpa*): structural features and rheological properties. In *Chemistry, Bioactivity and Industrial Applications*: Springer International Publishing.
- Vauquelin, M. (1790). Analyse du Tamarin, et Réflexions fur quelques-unes de fes Préparations médicinales. *Annales de Chimie*, 50, 92 - 106.
- 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. doi:10.1007/s11224-009-9442-z