

Pectinas: extracción, usos e importancia en la agroindustria

Vladimir Rubiano Gonzalez

vladimir.gonzalez@alunos.ufersa.edu.br

<https://orcid.org/0000-0002-8406-2641>

Monica Montaña Numpaque

monicasaride.montana@uptc.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-1923-5032>

Nildo da Silva Dias

<https://orcid.org/0000-0002-1276-5444>

nildo@ufersa.edu.br

Programa de pós-graduação em fitotecnia,

Mestrado em fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Mossoró, Brasil.

RESUMEN

La pectina es un componente de la pared celular que actual como cementante, ayudando a dar composición y rigidez a los órganos vegetales, principalmente se encuentra en las frutas, que industrialmente son la fuente de extracción más habitual de pectinas para usos industriales. Su amplia utilización por parte de la industria la hace un componente fundamental como es el caso de la industria de comestibles, donde es utilizada como gelificante de alimentos procesados y en la industria farmacéutica. Para la extracción de pectinas a nivel industrial se han desarrollado métodos químicos, microbiológicos y enzimáticos; siendo el método químico el más usado, pero con inconveniente de residuos químicos contaminantes. Los desechos de la agroindustria están tomando importancia como fuente de pectinas, ayudando así a disminuir el impacto ambiental y generando un valor agregado a estos desechos. Por lo tanto, el objetivo de esta revisión es recopilar información sobre las pectinas en los procesos industriales, destacando las fuentes, los métodos de extracción y sus aplicaciones.

Palabras clave: *Frutas; alimentos; gelificante, residuos.*

Correspondencia: vladimir.gonzalez@alunos.ufersa.edu.br

Artículo recibido 10 agosto 2022 Aceptado para publicación: 10 septiembre 2022

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Cómo citar: Rubiano Gonzalez, V., Montaña Numpaque, M., & da Silva Dias, N. (2022). Pectinas: extracción, usos e importancia en la agroindustria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 5294-5309. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3498

Pectins: extraction, uses and importance in the agroindustry

ABSTRACT

Pectin is a component of the cell wall that acts as a cementing agent, helping to give composition and rigidity to plant organs. It is mainly found in fruits, which industrially are the most common source of pectin extraction for industrial uses. Its wide use by industry makes it a fundamental component, as is the case in the food industry, where it is used as a gelling agent for processed foods, and in the pharmaceutical industry. For the extraction of pectins at an industrial level, chemical, microbiological and enzymatic methods have been developed; being the chemical method the most used, but with the inconvenience of polluting chemical residues. Agribusiness waste is gaining importance as a source of pectin, thus helping to reduce the environmental impact and generating added value to these wastes. Therefore, the objective of this review is to collect information on pectins in industrial processes, highlighting the sources, extraction methods and their applications.

Keywords: *fruits; foods; gelling agent, organic waste.*

INTRODUCCIÓN

Las pectinas son macromoléculas de tipo heteropolisacárido que se encuentra presente en la naturaleza como elementos contribuyentes de las paredes celulares de las plantas superiores, donde su principal función es como material cementante intercelular (Herbstreith & Fox 2001; Van Buren 1991). Químicamente se clasifican como polímeros que están principalmente formados por ácido galacturónico y su precursor es la protopectina definida como la sustancia péctica insoluble en agua que origina pectina soluble por despolimerización parcial (Chasquibol-Silva *et al.*, 2008; Van Buren, 1991).

Las pectinas se encuentran principalmente en la pared primaria de las células, la lámina media y en menor medida en los tejidos mesenquimáticos y parenquimáticos; lo que les permite aprovechar su capacidad para balancear el equilibrio del agua dentro del sistema y constituyen una parte significativa de los componentes de los frutos cítricos (Willats *et al.*, 2001; Herbstreith & Fox 2001). La obtención de estas se da en material vegetal con alto contenido, tales como guayaba dulce, tomate de árbol, remolachas, frutas cítricas, piña, maracuyá, limón entre otras (Gómez, 1998).

Estas macromoléculas son de gran interés por sus aplicaciones a nivel industrial, farmacéutico y cosmetológico. En la industria alimentaria tienen una alta demanda como agente espesante, emulsificante, estabilizante y por su capacidad de gelificación, es ampliamente utilizada en productos como gelatinas, mermeladas, jaleas y conservas vegetales (Dubey *et al.*, 2020; Paredes *et al.*, 2015).

Los geles de pectina son importantes como agente gelificante para crear o modificar la textura de compotas, jaleas, mermeladas, productos lácteos bajos en grasas, etc.; y en productos como helados se utiliza como agente estabilizante de emulsiones y suspensiones (Chacín *et al.*, 2010; Guzmán, 1990; Muhammad *et al.*, 2014). Además, contribuye en la salud humana ya que se ha demostrado que ayuda a la disminución de los niveles de glucosa y colesterol; también poseen propiedades anticancerígenas (Glinsky & Raz, 2009; Theuwissen & Mensink, 2008).

Por la obtención de pectinas se realiza la aplicación de procesos fisicoquímicos, microbiológicos o enzimáticos, donde principalmente la extracción se lleva a cabo mediante hidrólisis ácida o enzimática (Contreras *et al.*, 1997; Liu *et al.*, 2001). Por lo tanto, el objetivo de esta revisión es recopilar información sobre las pectinas en los

procesos industriales, destacando las fuentes, los métodos de extracción y sus aplicaciones.

PECTINAS

Las pectinas son heteropolisacáridos de alto peso molecular que se presentan en la naturaleza como elementos estructurales del sistema celular de las plantas, que se encuentran en la lámina media y en las paredes celulares primarias y secundarias de todos los tejidos vegetales (Voragen *et al.*, 2009). Su componente principal es el ácido poligalacturónico, que existe parcialmente esterificado con metanol (Herbstreith & Fox 2001).

Estructuralmente las pectinas forman polímeros de las unidades de ácido D-galacturónico (AGA) unidos entre sí por enlaces glucosídicos α -1,4, el cual se encuentra parcialmente esterificado el grupo carboxilo con metanol, así pues, se le denomina Homogalacturonano (HG); las propiedades funcionales de las pectinas dependen entre otros factores como lo es su grado de esterificación (Van Buren, 1991). Las cadenas del esqueleto estructural de HG están interrumpidas por unidades de L-ramnosa unidas por enlaces α (1 \rightarrow 2), aunque también se pueden encontrar unidades de galactosa, arabinosa, glucosa y xilosa, generalmente en forma de cadena laterales cortas de las cuales se forman cadenas laterales de azúcares; a esta región se la denomina Ramnogalacturonano (RG) (Ardila, 2007).

Las pectinas según su grado de esterificación se pueden clasificar así: pectinas de alto grado de metoxilación (HM), pectinas de bajo grado de metoxilación (LM) y en otras sustancias pécticas como las pectinas desmetiladas o moléculas amidadas (Vandamme *et al.*, 2002). Las pectinas HM presentan valores de metoxilación comprendida entre el 60% – 75% ya que el metanol puede perderse con relativa facilidad por hidrólisis acida o enzimática, dejando el grupo ácido libre, por esto se clasifica en función del porcentaje de restos de ácido galacturónica, y cuando este porcentaje disminuye hasta un 20% - 40% se habla de pectinas LM (Chasquibol-Silva *et al.*, 2008; Crispín *et al.*, 2012).

La capacidad formadora de geles de pectina se ve influenciada de manera directa por los grados de metoxilación (Crispín *et al.*, 2012). De esta forma, las pectinas HM necesitan un intervalo de pH cercano a 3 para crear geles, que son generalmente solubles en agua caliente y tienen que contener un agente dispersante, como la dextrosa, para que no formen grumos a lo largo del desarrollo de gelificación; a diferencia de las pectinas LM

que independientemente del pH del medio genera geles, pero necesitan la existencia de una cantidad dominada de iones calcio u otro catión divalente (Sriamornsak, 2003).

Existen algunos componentes estructurales que le dan a la pectina enorme rigidez, convirtiéndola en una composición insoluble llamada protopectina; algunos de estos componentes son los puentes de Ca_2^+ entre grupos carboxílicos libres y la unión de las cadenas de azúcares laterales a la celulosa (Sakai *et al.*, 1993). Por lo anterior, las pectinas son excelentes coloides, que poseen la propiedad de absorber una cantidad enorme de agua, (Páez *et al.*, 2005), poseen grupos carboxílicos del ácido poligalacturónico medianamente esterificado con metanol y tienen la capacidad de formar geles en condiciones apropiadas. Por tanto, las pectinas tienen gran importancia en la industria alimenticia y farmacéutica por sus propiedades gelificantes, espesantes, curativas, nutritivas, estabilizantes y como sustitutos de grasa en alimentos de bajo aporte calórico. Su aplicación más común es productos como la mermelada, jaleas y salsas; todo esto gracias a que la pectina tiene regiones polares y apolares dentro de su molécula, lo que permite incorporarla a diferentes sistemas alimenticios (Pagani, 1990; Thakur *et al.*, 1997).

Las pectinas se emplean en mixtura con lípidos en la producción de películas comestibles de doble capa y emulsionadas (Morillon *et al.*, 2002; Pastor *et al.*, 2005). En la industria farmacéutica es utilizada como ingrediente en la elaboración de fármacos por su acción protectora y reguladora del sistema gastrointestinal; es utilizada como ingrediente en preparaciones como antidiarreicos, desintoxicantes, ya que se aprovecha el uso terapéutico de la pectina como constituyente de la fibra dietaria (Endress, 1991; Thakur *et al.*, 1997). También se ha demostrado que posee actividad anticancerígena frente a cánceres como los de colon, próstata, mama y pulmón (Eliaz & Raz, 2019).

FUENTES DE EXTRACCIÓN DE PECTINAS

Las pectinas están presentes en diferentes alimentos de contenido vegetal como pulpas de fruta y verduras o de subproductos de la industria alimentaria; su obtención se da principalmente de materias primas como cascaras o cortezas de cítricos como limón, naranja, toronja, lima y de la pomaza y/o residuos de manzana, donde estos contienen cantidades elevadas de pectinas; su extracción comercial se da principalmente de cascaras de cítricos en un 85%, el orujo de manzana en un 14% y en menor proporción de la pulpa de remolacha azucarera (Ramos *et al.*, 2016; Chetouani *et al.*, 2017).

Sin embargo, las pectinas también se obtienen de otras frutas tales como: piña, guayaba, tomate de árbol, maracuyá (Gómez, 1998), y de otras fuentes como de cacao (Barazarte & Unai 2008; Mendoza *et al.*, 2017), cáscara de parchita (Páez *et al.*, 2005), Arándanos (Loyola *et al.*, 2013), la cáscara de mango (Berardini *et al.*, 2005), la cáscara de papaya pintona (Isaza *et al.*, 1996); algunos residuos agroindustriales pueden ser utilizados para la extracción de pectinas, como de la cáscara de plátano (Ramos *et al.*, 2016), residuos de naranja, piña y mango (Ferreira, 2007).

MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE PECTINAS

Para la extracción de pectinas a partir de tejidos vegetales, se ha empleado diferentes técnicas las cuales utilizan procedimientos fisicoquímicos, microbiológicos o enzimáticos (Contreras *et al.*, 1997). Las técnicas de extracción comunes son la extracción por arrastre de vapor e hidrodestilación y las no comunes como la extracción asistida por microondas (EAM) y la extracción por hidrólisis ácida que es aplicada ampliamente a nivel industrial. Debido a la gran relevancia que tienen la pectina a nivel industrial, se demandan métodos con mayor rendimiento de extracción y que den como resultados un producto de buena calidad (Urango *et al.*, 2018).

La extracción industrial de pectinas se realiza por medio de hidrólisis ácida o enzimática y los solventes más usados son agua, etanol y metanol (Liu *et al.*, 2001). Cuando se obtienen pectinas a nivel industrial se realiza la extracción de esta a partir de material vegetal, se realiza purificación del extracto líquido, concentración de pectinas a partir de extracto líquido y secado (Wang *et al.*, 2008), para mejorar esta técnica se suele utilizar US (ultrasonido); causando efectos mecánicos por una mayor concentración del solvente en la materia celular optimizando la transferencia de masas (Cárcel *et al.*, 2012; Ilbay & Kirbaslar, 2013).

El método de obtención de pectinas por vía química se lleva a cabo en dos fases: en la primera fase protopectina (material insoluble en agua encontrado en vegetales) es el precursor de la pectina (material soluble en agua); y esta transformación se realiza por despolimerización restrictiva de la protopectina. En la segunda fase la pectina solubilizada se difunde desde la matriz del tejido vegetal hacia la solución extractante. Al realizarse la extracción por métodos fisicoquímicos, una parte de la pectina solubilizada se degrada de forma simultánea al proceso de extracción en elementos de menor peso molecular

cuya presencia hace que el desempeño como las características del producto obtenido sean negativamente afectadas (Panchev *et al.*, 1989).

Si bien estas técnicas son las más utilizadas a nivel industrial, tienen las desventajas que conlleva el manejo, tanto de ácidos fuertes como de altas temperaturas, sin mencionar sus altos requerimientos energéticos y los problemas de contaminación ambiental que generan (Contreras *et al.*, 1997).

Otro método de extracción de pectinas es por medio de técnicas microbiológicas en donde se refiere principalmente a la obtención de este heteropolisacárido mediante el cultivo de microorganismos productores de PPasas en medios conteniendo la materia prima. La utilización de levaduras (*Trichosporon penicillatum*, *Kluyveromyces marxianus* y *Endomycopsis capsularis*) que producen PPasas (en el caso de "*T. penicillatum*" se trata de una endo-PG denominada PPasa-SE) por fermentación en medio líquido, que a vez tienen la capacidad de liberar pectina altamente esterificada y aceptable peso molecular bajo hidrólisis restringida de la protopectina (Sakai *et al.*, 1987; Sakai *et al.*, 1988).

Diversas PPasas, producidas tanto por bacterias como por levaduras y hongos filamentosos, han sido también purificadas y caracterizadas (Da Silva *et al.*, 2005). Este método tiene como ventajas la disminución del grado de despolimerización, el fácil control de las condiciones (pH y temperatura), y un rendimiento aceptable.

Los métodos de extracción enzimático de pectinas utilizan aquellas enzimas de origen microbiano que tienen la capacidad de solubilizar pectina a partir protopectina (Sakai *et al.*, 1987), ya sean enzimas purificadas (Sakamoto & Sakai, 1994) o extractos crudos (Matora *et al.*, 1995) provenientes de levaduras, bacterias y hongos filamentosos. Cuando se utilizan enzimas de origen fúngico es necesario llevar a cabo su purificación menos parcial para evitar el efecto que la presencia de enzimas contaminantes pueda causar al polímero (Contreras *et al.*, 1997).

La extracción de pectina por vía enzimática depende de las interacciones enzima(s)-sustrato, la cual se puede afectar fuertemente por la microestructura de la materia prima, la protopectina se considera como un material de baja densidad (no muy compacto) y por tanto, puede ser más penetrable por las enzimas (Nakamura *et al.*, 1995); las limitaciones en este bioproceso son mínimas ya que las enzimas específicas o sistemas enzimáticos tienen un fácil acceso sobre el material vegetal.

La obtención de pectinas a escala industrial se realiza generalmente por hidrólisis ácida, lo que implica la utilización de ácidos fuertes, de origen orgánicos, que generalmente son de difícil recuperación al finalizar el proceso, lo cual trae como consecuencia un impacto sobre el medio ambiente cuando estos no tiene una correcta disposición, causando así acidificación de afluentes y suelos (Vriesmann *et al.*, 2011).

Con el fin de hacer más eficientemente el proceso de extracción de las pectinas es fundamental el conocimiento estructural de la sustancia péctica, o la protopectina en diversos materiales vegetales, el conocimiento de esto permite el uso de enzimas más específicas para liberación de pectinas de alto peso molecular. A nivel industrial el método enzimático tiene grandes perspectivas ya que se obtiene productos de alto peso molecular comparado con el método microbiológico; esto métodos dependen primariamente de las interacciones enzima-sustrato, lo cual logra la liberación eficiente de la pectina soluble a partir de la protopectina (Contrera *et al.*, 1997).

PECTINAS Y SUS APLICACIONES

Las pectinas conforman un grado heterogéneo de polisacáridos ácidos de origen vegetal con características de gelificación, estabilización de emulsiones y aporte de fibra sobre la nutrición, razón por la cual tienen enorme aplicabilidad en las industrias alimenticia y farmacéutica, entre otras (Baciu *et al.*, 2004). En la industria alimentaria, la pectina es considerada como un ingrediente importante, debido a la capacidad a su capacidad de formar geles acuosos. Es ampliamente usado como ingrediente funcional en la industria alimenticia, donde es utilizado como gelificante en jaleas y mermeladas, como espesante, emulsificante y estabilizante en productos lácteos, margarinas, mayonesa y salsas; o como sustituto de la grasa en confitería; también como agente viscosante en bebidas, agente estabilizante en helados y postres fríos, y en soluciones para recubrir salchichas y carnes enlatadas (Anderson, 1995; Casas *et al.*, 2015).

Gracias a su bajo contenido de carbohidratos, a sus características estabilizantes y por aumentar la viscosidad es ampliamente utilizada en la industria de bebidas dietéticas y para la elaboración de refrescos (Chasquibol-Silva *et al.*, 2008). En la producción de jugos naturales aumenta la estabilidad de la turbidez y viscosidad de productos a base de tomate (William *et al.*, 2006). En la industria de los quesos, el material generado por la adición de pectinato de calcio mejora el rendimiento y facilita la separación del material

solido de la base acuosa, después de que el cuajo se somete al cortado, este es utilizado en la elaboración de queso crema (Ferreira, 2007).

Teniendo en cuenta las propiedades fisicoquímicas de las pectinas y su acción como fibra o agente espesante en los alimentos, debido a que esta función está determinada por el grado de metoxilación de los grupos ácido-carboxílicos (Wehr *et al.*, 2004), en el estudio realizado por Chasquibol-Silva *et al.*, 2008, encontró que las pectinas de la pulpa de níspero de la sierra y del mesocarpio de las granadilla tenían un grado de metoxilación por encima del 50%, por lo anterior concluyó que estas pueden ser utilizadas en la elaboración de mermeladas, jaleas y confituras debido a su alto grado de metilación.

En la producción de jaleas, la uva de *vitis labruca* cv. *Concord* según el estudio realizado por Hidalgo (2022), es una fuente rica en pectinas y se destaca por su capacidad de originar jaleas, y en el estudio realizado por Fredes *et al.*, (2009) obtuvo como resultado la producción de jaleas de excelente calidad a partir de pectinas extraídas de *vitis labruca* cv. *Concord* con un grado de metoxilo de 70,48 y un rendimiento de 3.84 base de peso fresco, donde se concluye que las pectinas corresponden a HM de alta calidad.

Según Páez *et al.*, (2005), el contenido y calidad de las pectinas encontradas tanto en el fruto como en la cáscara de parchita difiere en cuanto a su contenido y según su grado de madurez, en este estudio se encontró que la corteza tiene un mayor contenido de pectina, teniendo en cuenta que el estado más temprano de madurez mostro una mejor calidad demostrando un óptimo procesamiento industrial, por su rápida gelación y fuerza del gel producido; concluyendo así que esta cuenta con características ideales para ser destinada en la industria alimenticia.

La obtención de pectinas de residuos de la agroindustria ha tomado gran relevancia gracias a que permite recuperar residuos que se consideran basura y los cuales pueden ser aprovechados como posible potencial de materia prima en procesos industriales. En el estudio de Ferreira, (2007) se evidencia la obtención de pectinas provenientes de residuos industrializados de frutas como piña, naranja y mango; el producto que se consiguió fue de buena calidad para el uso industrial. En el caso de la piña donde se logró aprovechar el 40% de residuos fibrosos y un 60% de residuos que eran considerados como basura para la extracción de pectina, la cual puede ser aprovechada en fabricación de alimentos, medicamentos; y aun después de su extracción este residuo puede convertirse nuevamente en materia prima para la producción de otros alimentos como

concentrado para animales. El aprovechamiento y uso racional de estos desechos industriales, contribuye en el cuidado y preservación del medio ambiente dado que se aprovecha al máximo los productos y subproductos de la agroindustria, disminuyendo la cantidad de residuos que son liberados en el medio para su degradación.

En la industria farmacéutica se aprovecha el uso terapéutico de la pectina como constituyente de la fibra dietaria (Thakur *et al.*, 1997), es además utilizada como ingrediente en preparaciones farmacéuticas como antidiarreicos, desintoxicantes, insulina, pomadas y ungüentos (Chasquibol-Silva *et al.*, 2008; Endress, 1991; Thakur *et al.*, 1997; Yamada, 1995). El alto consumo de fibra dietaria como la pectina trae beneficios para la salud, pues favorece la disminución de colesterol y glucosa en la sangre; pues esta reduce la velocidad de absorción de micronutrientes, aumenta la sensibilidad a la insulina, e incrementa la saciedad, lo que contribuye en la reducción del consumo total de energía (Martínez *et al.*, 2011; Theuwissen *et al.*, 2008) También posee propiedades anticancerígenas, en caso de cánceres como los de colon, próstata, mama y pulmón (Cho *et al.*, 2012; Eliaz & Raz, 2019).

En un estudio realizado por Valenzuela (2013), se evaluó el efecto que puede tener el consumo de arepa enriquecido con pectinas extraídas de la guayaba, en cuanto al perfil lipídico de diferentes consumidores, donde se concluyó que después de 20 días de consumo de arepas adicionales con 10% de pectinas tuvo un efecto benéfico para la salud de 75 personas, disminuyendo de manera significativa los niveles de glucosa, colesterol LDL y colesterol total.

En otras industrias se encuentra la aplicación en el templado del acero, recubrimiento de láminas de aluminio, emulgente para diversos aceites, papel celofán y cintas de adorno (Estrada, 1998). En la producción de plásticos también se ha utilizado, así como en la fabricación de productos espumantes, como agente de aglutinantes y de clarificación, y como material para la absorción de contaminantes de afluentes con industriales líquidos (Chasquibol-Silva *et al.*, 2008); la utilización de pectinas y su potencial es muy amplio y variado en todas las industrias lo que demuestra la gran importancia y valor comercial.

CONCLUSIONES

Las pectinas son un conjunto de polisacáridos los cuales son de gran importancia para la industria alimenticia como en la farmacéutica por sus propiedades fisicoquímicas que ayudan a dar espesor a los alimentos procesados y beneficiar la salud humana.

En cuanto a la extracción de las pectinas en el método enzimático no existen limitaciones ya que las enzimas tienen un fácil acceso sobre el material vegetal a diferencia del método químico que tiene impacto ambiental por el uso de ácidos fuertes.

En la producción de alimentos se generan residuos los cuales son desechados y no se opta por un manejo adecuado y no genera ninguna rentabilidad, Entre los subproductos generados se encuentran los derivados de las frutas, que pueden ser utilizados en la obtención de pectinas que pueden ser usadas principalmente en la industria de alimentos y farmacéutica.

LISTA DE REFERENCIAS

- Albersheim, P. (1996). Effects of calcium, magnesium and girding on quality of passion fruti in relation to fruit maturity. *J. Food Sci. India*, 20(1), 4-6.
- Anderson, J., & Deskins, B. (1995). *The Nutrition Bible*, William Morrow & Company. Inc: New York.
- Ardila, S. F. (2007). *Pectinas: aislamiento, caracterización y producción*. Universidad Nacional de Colombia.
- Baciu, I. E., & Jördening, H. J. (2004). Kinetics of galacturonic acid release from sugar-beet pulp. *Enzyme and Microbial Technology*, 34(5), 505-512.
- 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(1), 64-70.
- Berardini, N., Knödler, M., Schieber, A., & Carle, R. (2005). Utilization of mango peels as a source of pectin and polyphenolics. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(4), 442-452.
- Cárcel, J. A., García-Pérez, J. V., Benedito, J., & Mulet, A. (2012). Food process innovation through new technologies: Use of ultrasound. *Journal of Food Engineering*, 110(2), 200-207.
- Casas, D., A. Villa, F. Bustamante y L. González. 2015. Process development and simulation of pectin extraction from orange peles. *Food Bioprod.* 96.86-98.
- Chasquibol-Silva, N., Arroyo-Benites, E., & Morales-Gomero, J. C. (2008). Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. *Ingeniería Industrial*, (026), 175-199.

- Chetouani, A., Follain, N., Marais, S., Rihouey, C., Elkolli, M., Bounekhel, M., ... & Le Cerf, D. (2017). Physicochemical properties and biological activities of novel blend films using oxidized pectin/chitosan. *International journal of biological macromolecules*, 97, 348-356.
- Cho, Y., Turner, N. D., Davidson, L. A., Chapkin, R. S., Carroll, R. J., & Lupton, J. R. (2012). A chemoprotective fish oil/pectin diet enhances apoptosis via Bcl-2 promoter methylation in rat azoxymethane-induced carcinomas. *Experimental biology and medicine*, 237(12), 1387-1393.
- Contreras Esquivel, J., Hours, R., Aguilar, C., Reyes Vega, M., & Romero, J. (1997). Revisión: Extracción microbiológica y enzimática de pectina. *Arch. latinoam. nutr*, 208-16.
- Contreras-Esquivel J. C, Hours R.A, Aguilar C. N, Reyes-Vega L, & Romero J. (1997). Revisión: Extracción microbiológica y enzimática de pectina, 47(3).
- Crispín, P. L. M., Caro, R. R., & Ochoa, M. D. V. (2012). Pectina: usos farmacéuticos y aplicaciones terapéuticas. In *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia* (Vol. 78, No. 1).
- Da Silva, E. G., Borges, M. D. F., Medina, C., Piccoli, R. H., & Schwan, R. F. (2005). Pectinolytic enzymes secreted by yeasts from tropical fruits. *FEMS yeast research*, 5(9), 859-865.
- Dubey, V., Mohan, P., Dangi, J. S., & 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.
- Eliaz, I., & Raz, A. (2019). Pleiotropic effects of modified citrus pectin. *Nutrients*, 11(11), 2619.
- Endress, H. U. (1991). Nonfood uses of pectin. *The chemistry and technology of pectin*, 251-268.
- Estrada, A. y B. López. (1998). Pectinas cítricas, efecto del arrastre de vapor en la extracción y de diferentes métodos de secado. *NOOS*. 7, 23-34.
- Ferreira Ardila, S. (2007). Pectinas: aislamiento, caracterización y producción a partir de frutas tropicales y de los residuos de su procesamiento industrial. 24-27.

- Fredes Monsalves, C., Loyola López, N., & Muñoz Cruz, J. C. (2009). Extracción de pectinas de *Vitis labrusca* cv. concord para producir jaleas. *Idesia (Arica)*, 27(3), 9-14.
- Glinsky, V. V., & Raz, A. (2009). Modified citrus pectin anti-metastatic properties: one bullet, multiple targets. *Carbohydrate research*, 344(14), 1788-1791.
- Gómez Z., Juan F. (1998). Factibilidad Técnica del Aislamiento y la Caracterización de Pectina Cítrica para el Sector Agroindustrial. Tesis de pregrado. Facultad de Administración, Corporación Universitaria Lasallista, Medellín.
- Guzmán, P. 1990. Cultivo de la parchita. Editores Espasan. Caracas, Venezuela. pp. 27-32.
- Herbstreith & Fox. (2001). The Specialists for Pectinsi. <http://www.herbstreith-fox.de/produkte/englisch/einstant.htm>
- Hidalgo, L. (2002). Tratado de viticultura general. 3a ed. Madrid, ES, Editorial Mundi-Prensa, 1235 p.
- Ilbay, Z., Şahin, S., & Kirbaşlar, Ş. İ. (2013). Optimisation of ultrasound-assisted extraction of rosehip (*Rosa canina* L.) with response surface methodology. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(11), 2804-2809.
- Isaza, J., Perilla, M., & Correa, Y. (1996). Determinación de pectina metoxilada en 10 frutas colombianas de uso común. *Rev. Sci. Tecn. Pereira* (3), 1-5.
- Liu, Y., Ahmad, H., Luo, Y., Gardiner, D. T., Gunasekera, R. S., McKeehan, W. L., & Patil, B. S. (2001). Citrus Pectin: Characterization and Inhibitory Effect on Fibroblast Growth Factor– Receptor Interaction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(6), 3051-3057.
- Loyola, N., Patricia, L., Mella, N., & Acuña Carrasco, C. (2013). Extracción y análisis de pectinas a partir de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. O'Neill. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 45(1), 0-0.
- Matora, A. V., Korshunova, V. E., Shkodina, O. G., Zhemerichkin, D. A., Ptitchkina, N. M., & Morris, E. R. (1995). The application of bacterial enzymes for extraction of pectin from pumpkin and sugar beet. *Food hydrocolloids*, 9(1), 43-46.
- 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(1), 131-138.

- Morillon, V., Debeaufort, F., Blond, G., Capelle, M., & Voilley, A. (2002). Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 42(1), 67-89.
- Nakamura, T., Hours, R. A., & Sakai, T. (1995). Enzymatic maceration of vegetables with protopectinases. *Journal of Food Science*, 60(3), 468-472.
- Páez, G., Marín, M., Mármol, Z., & Ferrer, J. (2005). Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 22(3), 241-251.
- Pagani, J. (1990). Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocotón. ES, *Servel de Publicacions Universitat de Lleida*, 131 p.
- Panchev, I. N., Kirtchev, N. A., & Kratchanov, C. (1989). Kinetic model of pectin extraction. *Carbohydrate polymers*, 11(3), 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 (Arica)*, 33(3), 35-41.
- Pastor, C., Martínez, C. G., & Vargas, M. (2005). Recubrimientos comestibles: Aplicación a frutas y hortalizas. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, 24(197), 130-137.
- Ramos, V., Aguilera, A., & Ochoa, E. (2016). Residuos de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca* L.) para obtener pectinas útiles en la industria alimentaria. *Revista de*, 3(9), 22-29.
- Sakai, T. (1988). Protopectinase from yeasts and a yeastlike fungus. In *Methods in enzymology* (Vol. 161, pp. 335-350). Academic Press.
- Sakai, T., & Katsuragi, T. (1987). U.S. Patent No. 4,686,187. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Sakai, T., Sakamoto, T., Hallaert, J., & Vandamme, E. J. (1993). [Pectin, Pectinase, and Protopectinase: Production,] Properties, and Applications. *Advances in applied microbiology*, 39, 213-294.
- Sakamoto, T., & Sakai, T. (1994). Protopectinase-T: a rhamnogalacturonase able to solubilize protopectin from sugar beet. *Carbohydrate research*, 259(1), 77-91.
- Sriamornsak, P. (2003). Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: A review. *Silpakorn University International Journal*, 3(1-2), 206-228.

- Thakur, B. R., Singh, R. K., Handa, A. K., & Rao, M. A. (1997). Chemistry and uses of pectina review. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 37(1), 47-73.
- Theuwissen, E., & Mensink, R. P. (2008). Water-soluble dietary fibers and cardiovascular disease. *Physiology & behavior*, 94(2), 285-292.
- Urango-Anaya, Katty J., Ortega- Quintana, Fabián A., Vélez-Hernández, Gabriel, & Pérez-Sierra, Ómar A.. (2018). Extracción Rápida de Pectina a Partir de Cáscara de Maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*) empleando Microondas. *Información tecnológica*, 29 (1), 129-136.
- Valenzuela, L. A., Ortiz, B. L., & Pérez, C. E. (2013). Estudio comparativo del efecto metabólico de arepas enriquecidas con pectina extraída de guayaba (*Psidium guajava* L.) o pectina cítrica comercial. *Revista Colombiana de Química*, 42(3), 302-325.
- Van Buren, J. P. (1991). Function of pectin in plant tissue structure and firmness. *The chemistry and technology of pectin*, 1-22.
- Vandamme, T. F., Lenourry, A., Charrueau, C., & Chaumeil, J. C. (2002). The use of polysaccharides to target drugs to the colon. *Carbohydrate polymers*, 48(3), 219-231.
- Voragen, A. G., 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.
- Vriesmann, L. C., Amboni, R. D. D. M. C., & de Oliveira Petkowicz, C. L. (2011). Cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.): Composition and hot-water-soluble pectins. *Industrial crops and products*, 34(1), 1173-1181.
- Wang, Y. C., Chuang, Y. C., & Hsu, H. W. (2008). The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan. *Food chemistry*, 106(1), 277-284.
- Wehr, J. B., Menzies, N. W., & Blamey, F. P. C. (2004). Alkali hydroxide-induced gelation of pectin. *Food Hydrocolloids*, 18(3), 375-378.
- Willats, W. G., Knox, J. P., & Mikkelsen, J. D. (2006). Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. *Trends in Food Science & Technology*, 17(3), 97-104.
- Willats, W. G., McCartney, L., Mackie, W., & Knox, J. P. (2001). Pectin: cell biology and prospects for functional analysis. *Plant molecular biology*, 47(1), 9-27.

Yamada, H., 1996. Contribution of pectins on health carece. In: J. Visser and A.G.J. Voragen (eds). Pectins and pectinases Elsevier Science B. V., Ámsterdam, pp.173-190.