

Moléculas pécticas: extracción y su potencial aplicación como empaque

Pectic molecules: extraction and its packing potential application

DANIELA SÁNCHEZ ALDANA-VILLARRUEL¹, CRISTÓBAL NOÉ AGUILAR-GONZÁLEZ¹,
JUAN CARLOS CONTRERAS-ESQUIVEL¹, GUADALUPE VIRGINIA NEVÁREZ-MOORILLÓN^{2,3}

Recibido: Febrero 2, 2011

Aceptado: Junio 20, 2011

Resumen

Las pectinas son polisacáridos presentes en los tejidos vegetales, compuestos principalmente por cadenas de ácido galacturónico. Las pectinas se han extraído por diferentes métodos de los tejidos vegetales de diversos frutos, principalmente de los materiales de desecho como por ejemplo de la pomaza de manzana y de las cáscaras de cítricos, en los cuales se ha encontrado un mayor rendimiento. La demanda mundial de pectinas ha ido en aumento debido a la gran aplicabilidad de esta materia, ya que se ha empleado en la industria alimentaria por su alto poder gelificante y espesante, también tienen una gran aplicación en la industria farmacéutica y cosmética. Recientemente se han encontrado reportes del empleo de pectinas para la fabricación de recubrimientos y películas de empaque como alternativa a los empaques de origen sintético, con lo cual pueden aprovecharse los desechos o subproductos de la producción agrícola. Estos materiales llegan a representar la mitad del peso fresco total del fruto y son particularmente ricos en pectinas.

Palabras clave: biopolímeros, residuos agroindustriales, cubiertas comestibles.

Abstract

Pectin is a polysaccharide found in vegetable tissues, which are mainly formed by galacturonic acid chains. Extraction of pectin from vegetable tissue has been done by a variety of methods, using as starting material, either fruits or waste material derived from fruit processing, like apple pomace or citric fruit peel, that have given high extraction yields. Worldwide demand of pectin has been increased due to the great applicability in different areas, including the food industry, where pectin is used as gelling and thickening agent; it is also been used in the pharmaceutical and cosmetic industries. Recently, pectin has been utilized in the production of edible coating and films to be used as packing materials, as an alternative to synthetic materials; that, at the same time, is an alternative to use the waste material and residues from agricultural production. These materials represent nearby the half of the fruit total weight and are particularly rich in pectin.

Keywords: biopolymers, agroindustrial residues, edible films.

Introducción

Las pectinas son polisacáridos de origen vegetal, heterogéneos, higroscópicos y solubles en ácidos y agua, con propiedades de gelificación, estabilización de emulsiones y aporte de fibra nutricional (Zapata *et al.*, 2008). Se encuentran en la pared celular primaria en las regiones intercelulares de frutas y vegetales (Sothornvit y Pitak, 2007; Coma, 2010).

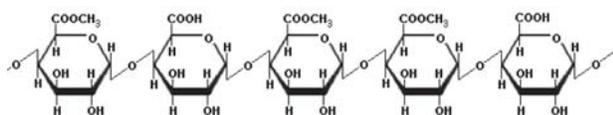
¹ Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila. Blvd. V. Carranza s/n Col. República Oriente, Saltillo, Coahuila. Tel. (01-844) 415-5392, Fax (01-844) 415-9534.

² Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Campus Universitario II. Apdo. Postal 1542-C. Chihuahua, Chih., México. 31125. Tel. (614) 236-6000.

³ Dirección electrónica del autor de correspondencia: vnevare@uach.mx.

Estructuralmente, las pectinas están constituidas por un esqueleto de residuos de ácido galacturónico (AGA) unidos entre sí por enlaces α -1,4 (Fishman y Cooke, 2009). Algunos de los grupos carboxílicos de las moléculas de AGA en las cadenas de pectina están metil esterificados y el porcentaje de grupos esterificados se expresa como GE (grado de esterificación) (Figura 1). Las pectinas se han dividido en dos grandes grupos, dependiendo de su GE, como pectinas de alto metoxilo (PAM) con un GE mayor a 50% y pectinas de bajo metoxilo (PBM) con un GE menor a 50% (Mollea *et al.*, 2008).

Figura 1. Región de la cadena lineal de la estructura de la pectina.



A la región de residuos de AGA se le denomina Homogalacturonano (HG) o región lisa, y normalmente equivale a un 70-80% de la masa total de la pectina, particularmente en frutos cítricos (Fishman y Cooke, 2009). A su vez, el esqueleto estructural de HG puede estar interrumpido por moléculas de ramnosa unidas por enlaces α -1,2, a partir de los cuales se forman cadenas laterales de azúcares, principalmente L-arabinosa y D-galactosa, generando de esta manera la región denominada Ramnogalacturonano (RG) o región ramificada (Happi *et al.*, 2008). Es importante señalar que las propiedades funcionales de las pectinas dependen de su grado de esterificación y de los grupos funcionales que interrumpan los residuos de ácido galacturónico, entre otros factores (Yoo *et al.*, 2006).

Para la formación de geles a partir de pectinas de alto metoxilo (PAM), es necesaria la incorporación de grandes cantidades de azúcar y un pH bajo (Correa *et al.*, 1999). Por otra parte, las pectinas de bajo metoxilo (PBM)

requieren de iones calcio para formar geles. Estas pectinas gelifican por los enlaces iónicos entre el calcio y los grupos carboxilo de las pectinas a un pH de 3.2 a 4 (Coma, 2010).

La obtención de pectinas a partir de diferentes fuentes vegetales, es un tema de amplia importancia, debido a la problemática de desabastecimiento en algunos países y la posibilidad de buscar nuevas fuentes para su obtención a partir de recursos bióticos propios de una región o incluso de residuos agroindustriales. Por ejemplo, de la extracción de jugo de limón se obtienen subproductos que alcanzan hasta la mitad del peso total del fruto. Si estos subproductos se tratan como materiales de desecho, pueden ocasionar problemas ambientales. Sin embargo, las cáscaras y bagazo de cítricos están compuestos por biomateriales tales como aceites, pectinas, proteínas, azúcares, por lo que pueden ser una fuente para la obtención de estos materiales (Ueno *et al.*, 2008).

Aplicaciones de las pectinas

Se estima que el consumo anual de pectina en el mundo es de aproximadamente 45 millones de kilogramos. Actualmente, se extrae pectina de una gran cantidad de fuentes como tejocote, uvas, remolacha, pomaza de manzana y cáscara de cítricos (Woo *et al.*, 2010).

La función comercial más importante de las pectinas en los alimentos es que actúa como gelificante, como agente de textura y espesante en alimentos procesados, y como emulsionante y estabilizante en productos lácteos y en helados (Rezzoug *et al.*, 2008). El uso de pectina en mermeladas de alto contenido de azúcar es una de las aplicaciones más conocidas. Se ha descrito que las pectinas contienen cualidades terapéuticas (reductor de colesterol e inductor de apoptosis de células cancerígenas del colon), razón por la cual también se emplean en el área farmacéutica (Kumar y Chauhan 2010; Ele-Ekouna *et al.*, 2011).

Usos de las pectinas como material de empaque.

Actualmente se producen al año alrededor de 150 millones de toneladas de plásticos en todo el mundo, y esto sigue en aumento. Muchos de estos plásticos están hechos a base de petróleo, lo cual provoca serios problemas de contaminación ambiental, debido a que los polímeros formulados a partir de esta materia prima no son biodegradables (Zamudio-Flores *et al.*, 2007). Los empaques a base de biopolímeros son una alternativa al uso de empaques sintéticos (Bourtoom y Chinnan, 2008). Algunos estudios han demostrado que las películas biodegradables pueden conservar la calidad y extender la vida de anaquel de alimentos mínimamente procesados (Alves *et al.*, 2007; Chen y Lai, 2008).

Se han realizado investigaciones sobre el uso de pectinas para la fabricación de empaques y recubrimientos comestibles. Algunas de ellas han usado mezclas de biomateriales para fabricar películas biodegradables comestibles, mezclando pectina, almidón y glicerol con buenas propiedades mecánicas, además de tener buenas propiedades de permeabilidad al oxígeno (Coffin *et al.*, 1995). Pavlath *et al.* (1999) demostraron que las soluciones acuosas de pectina pueden moldearse en películas pero con poca fuerza y baja resistencia al agua. Sin embargo, con un remoldeo de las películas inmersas en soluciones acuosas de cationes multivalentes se vuelven insolubles en agua y, dependiendo de los iones, su fuerza de tensión cambia. La fuerza de tensión de la película con CaCl_2 fue mayor que aquella sin el tratamiento de CaCl_2 . Kang *et al.* (2005) prepararon películas biodegradables usando pectinas cítricas, combinando un tratamiento de irradiación gamma e inmersión de CaCl_2 . También se ha reportado que los recubrimientos a base de pectina tienen la habilidad de retardar la pérdida de humedad y la migración de lípidos (Sothornvit y Pitak, 2007).

Métodos de extracción de pectinas

Debido a que las pectinas son compuestos que generalmente se emplean en alimentos, es necesario extraerlas del tejido vegetal mediante el uso de reactivos, disolventes y equipos que no dejen residuos tóxicos en el producto final. Por ello, el proceso de extracción debe cumplir con estas necesidades; además, las propiedades fisicoquímicas de la pectina extraída, tales como pH, porcentaje de cenizas, grado de gelificación y grado de esterificación entre otros, deben estar dentro del rango apropiado para que las cualidades de la pectina puedan aprovecharse (Jo *et al.*, 2005).

Las pectinas se han extraído y caracterizado de muchos frutos y vegetales, incluyendo durazno, manzana, limón y naranja (Figura 2). Sin embargo, las fuentes comerciales de pectina son casi exclusivamente a partir de pomaza de manzana (15-18% de peso seco) y de las cáscaras de cítricos (20-30% de peso seco) (Masmoudi *et al.*, 2008).

Para Schieber *et al.* (2003), desde un punto de vista económico y ecológico, la producción de pectinas es la manera más razonable de utilizar los subproductos de la industria de los jugos.

Figura 2. Fuentes de extracción de pectinas.



Existen diferentes técnicas para la extracción de pectina a partir de tejidos vegetales, en las cuales pueden utilizarse procedimientos físico-químicos, o enzimáticos (Zapata *et al.*, 2008). Con la finalidad de obtener un mayor rendimiento durante la extracción de sustancias pécticas, comúnmente se realizan pre-tratamientos al material vegetal para facilitar la extracción. Es imposible extraer pectina libre

del tejido vegetal, porque existe en una forma insoluble conocida como protopectina (Mollea *et al.*, 2008).

Extracción de pectina por métodos físico-químicos.

Se han empleado dos métodos para extraer la protopectina de las plantas, uno es usando un agente quelante para remover los cationes que constituyen a los ácidos pécticos, y el otro mediante el uso de ácidos para romper los puentes de hidrógeno entre la celulosa y los ácidos pécticos (Ueno *et al.*, 2008).

El rendimiento de pectina también depende de las condiciones de operación como la temperatura, el tiempo de extracción, el pH, los tipos de solventes de extracción usados y el uso de agentes quelantes adicionados, como es el caso del ácido etilendiamino tetraacético (EDTA) y del ácido ciclo hexanodiamino tetraacético (CDTA) para ayudar a liberar pectina de la pared celular (Yeoh *et al.*, 2008).

Extracción de pectinas por el método convencional. La extracción de pectinas por métodos convencionales se lleva a cabo a temperaturas cerca de los 90 °C por al menos una hora (Fishman y Cooke, 2009). Frecuentemente las pectinas se extraen y se separan de los desechos de diferentes frutos mediante la acidificación. Comercialmente las pectinas se extraen a altas temperaturas para hidrolizar la protopectina usando ácidos como el sulfúrico, fosfórico, nítrico, clorhídrico o cítrico. Después de la concentración, la pectina se precipita con la adición de alcohol, se seca, se granula y finalmente se tamiza (Woo *et al.*, 2010).

Se ha encontrado que la extracción de pectina en soluciones acuosas ácidas es suficiente para extraer pectinas que no son sensibles al calcio. Se emplea además otra extracción bajo condiciones de ácidos fuertes para obtener la pectina restante, principalmente aquellas sensibles al calcio. Existen algunos datos experimentales sobre la extracción de pectinas con soluciones neutras o básicas, pero no se ha confirmado con certeza, la

concentración adecuada de alcohol para la precipitación de la pectina (Yeoh *et al.*, 2008). El-Nawawi y Shehata (1987) estudiaron el efecto de las condiciones experimentales en el rendimiento de la extracción de pectina de naranja y encontraron un rendimiento óptimo a 90 °C por 2 h a un pH de 1.7. Pagan y Ibarz (1999) extrajeron pectina de pomaza fresca de durazno bajo diferentes condiciones experimentales y encontraron que los mayores rendimientos se obtienen a altas temperaturas y bajos pH. Kalapathy y Proctor (2001), obtuvieron pectina por extracción ácida de cáscaras de cítricos seguido de una filtración y precipitación con alcohol 2-propanol.

Extracción de pectinas asistida por microondas. Las condiciones de extracción empleadas en el método convencional provocan la degradación térmica de proteínas, lo cual genera pérdidas de cantidad y calidad de la pectina extraída. Debido a esto, se han establecido nuevos métodos en donde la pectina puede extraerse en menores tiempos y con mejor calidad y rendimiento, como es el caso de la extracción asistida con microondas, que ha mostrado obtener mayor rendimiento y calidad de pectinas en menor tiempo (Fishman *et al.*, 2000; Fishman *et al.*, 2006).

Kratchanova *et al.* (1996) reportaron que el pre-tratamiento del material vegetal con calentamiento con microondas permitió incrementar el rendimiento de pectina durante su extracción; Fishman *et al.* (2000) confirmaron el efecto favorable del pretratamiento con microondas durante la extracción de pectina de cáscara de naranja. Los autores sugieren que el efecto del calentamiento con microondas sobre el rendimiento y la calidad de las pectinas extraídas, se debe primero a la desintegración parcial del tejido vegetal y a la hidrólisis de protopectina y en segundo lugar, a la rápida inactivación de enzimas pectolíticas.

Por su parte, Fishman *et al.* (2006) estudiaron el efecto del calentamiento con microondas sobre el rendimiento de extracción

de pectina de la cáscara de limón bajo diferentes condiciones. Recientemente se optimizaron las condiciones de extracción asistida con microondas y concluyeron que la aplicación de microondas en la extracción de pectina de pomaza de manzana redujo considerablemente el tiempo de extracción (Wang *et al.*, 2007).

Otros métodos de extracción físico-química de pectinas. También se han empleado otros métodos físico-químicos de extracción de pectinas. Ralet y Thibault (1994) usaron la técnica de extrusión como pre-tratamiento para la extracción de pectina de lima. En esta investigación se concluyó que la cantidad de pectinas solubles en agua se incrementó después del pre-tratamiento de extrusión. Shi *et al.* (1996) usaron un lavado con agua caliente antes del proceso de extracción de pectina de semilla de girasol para mejorar la calidad y cantidad de pectina; sin embargo, el pre-tratamiento incrementó la pérdida de pectina. Rezzoug *et al.* (2008) obtuvieron un alto rendimiento de pectina en seis minutos, utilizando un pre-tratamiento termo-mecánico en el que sometieron cáscara de naranja a presión de vapor (100-700 kPa), seguido de una descompresión instantánea a vacío a 5 kPa. También se ha reportado la extracción de pectinas de un fruto cítrico japonés (yuzu) usando agua supercrítica a 160 °C y 20 MPa de presión, obteniendo de esta manera un rendimiento de pectina del 80% (Ueno *et al.*, 2008).

Extracción enzimática de pectinas.

Existen pocos trabajos sobre extracción enzimática de pectinas. El método enzimático emplea pectinesterasa o pectinmetilesterasa, la cual convierte a las pectinas de alto metoxilo en pectinas de bajo metoxilo sin la despolimerización de la molécula de pectina. Correa *et al.* (1999) obtuvieron pectinas de bajo metoxilo vía enzimática (pectinesterasa de origen vegetal) con capacidad para formar geles de alta resistencia, y las compararon con geles obtenidos por vía química, encontraron que los geles obtenidos por vía enzimática eran más resistentes.

Contreras-Esquivel *et al.* (2006) extrajeron pectina de pomaza de limón utilizando endopoligalacturonasa de *Aspergillus niger* con objeto de comparar dicho proceso con la extracción convencional, encontrando un rendimiento menor en el método enzimático que en el método convencional. Ptichkina *et al.* (2008) utilizaron enzimas de *Aspergillus awamori* con la finalidad de degradar la celulosa y las sustancias insolubles de la pared vegetal de calabazas, y obtuvieron pectinas con un grado de esterificación del 53% en tres horas de procesamiento.

Conclusiones

Las pectinas son moléculas con potencial aplicación como empaque y recubrimiento de alimentos, ya que de acuerdo a su naturaleza, presentan biodegradabilidad. Dicha aplicación resulta de gran importancia debido a la problemática ambiental ocasionada por el uso excesivo de polímeros sintéticos.

La manufactura de pectinas implica la extracción, purificación y secado de la misma. Dentro de los métodos de extracción empleados se ha encontrado que el método asistido por microondas resulta más eficiente en cuanto a rendimiento, calidad de la pectina y tiempos de extracción. Por lo que se propone el empleo de esta técnica para la obtención de pectinas a partir de frutos cítricos y su aplicación para fabricación de películas de empaque y recubrimientos comestibles.

Literatura citada

- ALVES, V.D., S. Mali, A. Beléia, y M.V.E. Grossmann. 2007. Effect of glycerol and amylase enrichment on cassava starch film. *Journal of Food Engineering* 78(3):941-946.
- BOURTOOM, T. y M.S. Chinnan. 2008. Preparation and properties of rice starch-chitosan blend biodegradable film. *Lwt – Food Science and Technology* 41(9):1633-1641.
- CHEN, C.H. & L.S. Lai. 2008. Mechanical and water vapor barrier properties of tapioca starch/decolorized hsian-tsoo leaf gum films in the presence of plasticizer. *Food Hydrocolloids*, 22(8):1584-1595.
- COFFIN, D. R., M. L. Fishman y P. H. Cooke. 1995. Mechanical and microstructural properties of pectin/starch lms. *Journal of Applied Polymer Science* 57(6):663-670.
- COMA, V. 2010. Polysaccharide-based biomaterials with antimicrobial and antioxidant Properties. *Polímeros* 20(2):1-12.

- CONTRERAS-ESQUIVEL, J.C., C.E. Voget, C.C.E. Vita, J.D. Espinoza-Perez y C.M.G.C. Renard. 2006. Enzymatic Extraction of lemon pectin by endo-polygalacturonase from *Aspergillus niger*. *Food Science and Biotechnology* 15(2):163-167.
- CORREA, C., Y. Garza, J. Rodríguez, C. N. Aguilar y J. C. Contreras-Esquivel. 1999. Geles de pectina de bajo metoxilo modificadas enzimáticamente. *Revista de la Sociedad Química de México* 43(1):15-17.
- ELE-EKOUNA, J.P., C. Pau-Roblot, B. Courtois y J. Courtois. 2011. Chemical characterization of pectin from green tea (*Camellia sinensis*). *Carbohydrate Polymers* 83(3):1232-1239.
- EL-NAWAWI, S. A. y F. R. Shehata. 1987. Extraction of pectin from Egyptian orange peel. Factors affecting the extraction. *Biological Wastes* 20(4):281-290.
- FISHMAN, M. L. y P.H. Cooke. 2009. The structure of high-methoxyl sugar acid gels of citrus pectin as determined by AFM. *Carbohydrate Research* 344(14):1792-1797.
- FISHMAN, M. L., H. K. Chau, P. D. Hoagland y A. T. Hotchkiss. 2006. Microwave-assisted extraction of lime pectin. *Food Hydrocolloids* 20(8):1170-1177.
- FISHMAN, M. L., H. K. Chau, P. Hoagland y K. Ayyad. 2000. Characterization of pectin, ash extracted from orange albedo by microwave heating, under pressure. *Carbohydrate Research* 323(1-4):126-138.
- HAPPI, T., C. Robert, S. Ronkart, B. Wathelet y M. Paquot. 2008. Characterisation of pectins extracted from banana peels (*Musa AAA*) under different conditions using an experimental design. *Food Chemistry* 108(2): 463-471.
- JO, C., Kang, H. Young Lee, N. Ho Kwon, J. y Woo Byuna, M. 2005. Pectin- and gelatin-based film: effect of gamma irradiation on the mechanical properties and biodegradation. *Radiation Physics and Chemistry* 72(6):745-750.
- KALAPATHY, U. y A. Proctor. 2001. Effect of acid extraction and alcohol precipitation conditions on the yield and purity of soy hull pectin. *Food Chemistry* 73(4):393-396.
- KANG, H. J., J. O. Cheorun, N. A. Young Lee, J. H. Kwon y M. W. Byun. 2005. Combination of gamma irradiation and CaCl₂ immersion for a pectin-based biodegradable film. *Carbohydrate polymers* 60(4):547-551.
- KRATCHANOVA, M., E. Pavlova, I. Panchev y C. Kratchanov. 1996. Influence of microwave pretreatment of fresh orange peels on pectin extraction. *Progress in Biotechnology* 14(1): 941-946.
- KUMAR, A. y Chauhan, G.S. 2010. Extraction and characterization of pectin from apple pomace and its evaluation as lipase (steapsin) inhibitor. *Carbohydrate Polymers* 82(2):454-459.
- MASMOUDI, M., S. Besbes, M. Chaabouni, C. Robert, M. Paquot, C. Blecker y H. Attia. 2008. Optimization of pectin extraction from lemon by-product with acidified date juice using response surface methodology. *Carbohydrate Polymers* 74(2):185-192.
- MOLLEA, C., F. Chiampo y R. Conti. 2008. Extraction and characterization of pectins from cocoa husks: A preliminary study. *Food Chemistry* 107(3):1353-1356.
- PAGAN, J. y A. Ibarz. 1999. Extraction and rheological properties of pectin from fresh peach pomace. *Journal of Food Engineering* 39(2):193-201.
- PAVLATH, A. E., A. Voisin y G. H. Robertson. 1999. Pectin based biodegradable water insoluble films Application of polymers in foods. In: Die Makromolekulare Chemie. Macromolecular, Symposium, Dallas TX.
- PTICHKINA, N.M., O.A. Markina y G.N. Rumyantseva. 2008. Pectin extraction from pumpkin with the aid of microbial enzymes. *Food Hydrocolloids* 22(1):192-195.
- RALET, M. C. y J. F. Thibault. 1994. Extraction and characterization of very highly methylated pectins from lemon cell walls. *Carbohydrate Research* 260(2):283-296.
- REZZOUG, S. A., Z. Maache-Rezzoug, F. Sannier y K. Allaf. 2008. A thermomechanical preprocessing for pectin extraction from orange peel. Optimization by response surface methodology. *International Journal of Food Engineering* 4(1):1-18.
- SCHIEBER, A., P. Hilt, P. Steker, H. U. Endre y C. Rentschler. 2003. A new process for the combined recovery of pectin and phenolic compounds from apple pomace. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 4(1): 99-107.
- SHI, X. Q., K. C. Chang, J. G. Schwarz, D. P. Wiesenborn y M. C. Shih. 1996. Optimizing pectin extraction from sunflower heads by alkaline washing. *Bioresource Technology* 58(3):291-297.
- SOTHORNVIT, R. y N. Pitak. 2007. Oxygen permeability and mechanical properties of banana films. *Food Research International* 40(3):365-370.
- UENO, H., M. Tanak, M. Hosino, M. Sasaki y M. Goto. 2008. Extraction of valuable compounds from the albedo of Citrus junos using subcritical water. *Separation and Purification Technology* 62(3):513-516.
- WANG, S., F. Chen, J. Wu, Z. Wang, X. Liao y X. Hu. 2007. Optimization of pectin extraction assisted by microwave from apple pomace using response surface methodology. *Journal of Food Engineering* 78(2):693-700.
- WOO, K.K., Y.Y. Chong, S.K. Li Hiong y P.Y. Tang. 2010. Pectin extraction and characterization from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*): A preliminary study. *Journal of Biological Sciences* 10(7):631-636.
- YEOH, S., J. Shi y T. A. G. Langrish. 2008. Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels. *Desalination* 218(1-3):229-237.
- YOO, S., M. L. Fishman, A. T. Hotchkiss y H. G. Lee. 2006. Viscometric behavior of high-methoxy and low-methoxy pectin solutions. *Food Hydrocolloids* 20(1):62-67.
- ZAMUDIO-FLORES, P., L. Bello-Pérez, A. Vargas-Torres, J. Hernández-Uribe y C. Romero-Bastida. 2007. Caracterización parcial de películas preparadas con almidón oxidado de plátano. *Agrociencia* 41(8):837-844.
- ZAPATA, A. D., C. A. Escobar, S. F. Cavalitto y R. Hours. 2008. Evaluación de la capacidad de solubilización de pectina de cáscara de limón usando protopectinasa-se. *Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica* 67-74. 

Este artículo es citado así:

Sánchez Aldana-Villarruel, D., C. N. Aguilar-González, J. C. Contreras-Esquivel, G. V. Nevárez-Moorillón. 2011: *Moléculas pécticas: extracción y su potencial aplicación como empaque*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 5(2): 76-82.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

DANIELA SÁNCHEZ ALDANA-VILLARRUEL. Es Egresada de la carrera de Ingeniería Química en Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Ganadora del Premio Chihuahua 2008 en Ciencias Tecnológicas otorgado por el Gobierno del Estado a través del Instituto Chihuahuense de la Cultura. Obtuvo el grado de Maestra en Ciencias en Ciencia y Tecnología de Alimentos en la misma Universidad en 2010. Actualmente es estudiante de Doctorado en Ciencias en el Departamento de Investigación de Alimentos de la Universidad Autónoma de Coahuila. Sus investigaciones han sido en torno al procesamiento mínimo de frutas y hortalizas y a la fabricación de empaques biodegradables.

CRISTÓBAL NOÉ AGUILAR GONZÁLEZ. Es Químico Farmacobiólogo con especialidad en Bromatología por la Universidad Autónoma de Coahuila (1992); realizó estudios de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos en la Universidad Autónoma de Chihuahua (1995) y su doctorado en Biotecnología se lo otorgó la Universidad Autónoma Metropolitana (2000). Realizó una estancia postdoctoral sobre Microbiología Molecular en el IRD-Francia. Es Profesor de Tiempo Completo Titular C adscrito al Departamento de Investigación en Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila desde hace 17 años. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel II y Premio Nacional en Ciencia y Tecnología 2010 por la Academia Mexicana de Ciencias. Ha sido presidente de la Asociación Mexicana de Ciencia de los Alimentos (2007-2009) y representante de la Delegación Coahuila de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería.

JUAN CARLOS CONTRERAS ESQUIVEL. Es Químico Farmacobiólogo con especialidad en Bromatología por la Universidad Autónoma de Coahuila (1992); realizó estudios de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos en la Universidad Autónoma de Chihuahua (1995) y su doctorado en la Universidad Nacional de la Plata, en Argentina (2003). Es profesor de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Coahuila, y es también gerente y fundador de la empresa biotecnológica Coyote Foods, Biopolymer and Biotechnology, que produce compuestos de alto valor agregado y los exporta a diferentes partes del mundo. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I, es autor o coautor de más de 30 artículos científicos y ha participado en la formación de investigadores, con más de 20 egresados de maestría y doctorado, en donde ha fungido como director del trabajo.

GUADALUPE VIRGINIA NEVÁREZ MOORILLÓN. Cursó su licenciatura en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), recibiendo el título de Químico Biólogo Parasitólogo. Realizó estudios de doctorado en la University of North Texas con la tesis «Biodegradación de componentes de petróleo contaminantes en aguas y suelos por bacterias del suelo»; en 1995 se le otorgó el grado de Ph.D., especialidad Biología. Ha recibido más de siete distinciones y premios, incluyendo el Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos en la Categoría Profesional (2006). Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores Nivel I. Desde 1995 ha sido maestra de la Facultad de Ciencias Químicas (UACH) y su productividad científica incluye más de treinta artículos en revistas arbitradas; ha editado más de cuatro libros y dirigido más de 60 tesis (licenciatura, maestría y doctorado). La Dra. Nevárez pertenece a diversas sociedades científicas, citándose entre algunas de ellas la American Society for Microbiology, la Society for Microbial Ecology y la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería.