

## Residuos de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca L.*) para obtener pectinas útiles en la industria alimentaria

RAMOS, Valentina†, AGUILERA, Antonio, OCHOA, Emilio

Recibido 25 de Marzo, 2014; Aceptado 10 de Agosto, 2014

### Resumen

La pectina es un polisacárido con una gran demanda en la industria de los alimentos, tradicionalmente se obtiene a partir de frutos cítricos, sin embargo las cáscaras de plátano también poseen un gran potencial como fuente de extracción. El objetivo del presente trabajo fue evaluar y establecer las condiciones óptimas de extracción de pectina, para ello se planteó la siguiente metodología: se utilizaron cáscaras de plátano (*Musa paradisiaca L.* y *Musa Cavendishii L.*) verdes y maduras; frescas y deshidratadas; uso de ácido clorhídrico y ácido cítrico; filtrado con diversos materiales; secado en capsulas de aluminio y porcelana; uso de diversos tiempos-temperaturas de extracción. Los resultados obtenidos fueron: cáscara de plátano fresca y madura, seccionada en piezas de 1\*1 cm<sup>2</sup>, inactivar las pectinesterasas a 93°C/5 min, uso de ácido cítrico para la extracción, calentar por 30 y 60 min a 73 y 85°C v/v, filtrar con tela cuadrille, secar la pectina coagulada en capsulas de aluminio y triturlarla en mortero. En conclusión, se establecieron las siguientes condiciones óptimas: temperaturas de 73°C y 85°C; tiempo de extracción de 30 minutos y 60 minutos; pH 2.5., con lo cual se genera un valor agregado al residuo orgánico (cáscaras de plátano).

**Pectina, hidrólisis ácida, *M. paradisiaca L.*, *M. cavendishii L.***

### Abstract

Pectin is a polysaccharide with a great demand in the food industry, traditionally obtained from citrus fruits, however banana peels also have a great potential as source of extraction. The aim of this study was to evaluate and establish the optimal conditions for extracting pectin, for it raised the following Methodology: banana peels (*Musa paradisiaca* and *Musa cavendishii*) green and mature fresh and dehydrated were used; use of hydrochloric acid and citric acid; filtering with various materials; Dried in aluminum capsules and porcelain; use various times-temperatures of extraction. The obtained results were: banana peels Fresh and mature, sectioned parts 1\*1 cm<sup>2</sup>, inactivate pectinesterase at 93°C/5 min, use of citric acid for extraction, heating for 30 and 60 min at 73 and 85°C v/v, filter with fabric cuadrille, to dry the pectin coagulated in aluminum capsules and crushing in a mortar. In conclusion, the following ideal conditions were established: temperatures of 73°C and 85°C; extraction time 30 minutes and 60 minutes; pH 2.5., which added value to organic waste (banana peels) is generated.

**Pectin, acid hydrolysis, *M. paradisiaca L.*, *M. cavendishii L.***

**Citación:** RAMOS, Valentina, AGUILERA, Antonio, OCHOA, Emilio. Residuos de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca L.*) para obtener pectinas útiles en la industria alimentaria. Revista de Simulación y Laboratorio.2016, 3-9: 22-29

† Investigador contribuyendo como primer autor

## Introducción

El cultivo del plátano se posiciona como quinto cultivo más importante a nivel mundial, y en el año 2010 México se ubicó en el noveno lugar con una producción del 2 % a nivel mundial. Las plantaciones de banano (*Musa cavendishii* L.) y plátano (*Musa paradisiaca* L.) representan uno de los frutales básicos en la alimentación mexicana; además de ser las dos variedades más cultivadas. Chiapas es el principal estado productor de plátano (35% de la producción nacional), seguido de Tabasco, Veracruz, Michoacán y Colima (SIAP, 2016; Hernández, E. R., Sánchez, Á. S., Peña, A. G., & Olán, 2011).

El plátano (*Musa paradisiaca* L.) es considerado como uno de los cultivos más importantes en la agricultura, además, es una de las frutas tropicales más consumidas en México y el mundo. Se le considera como una fruta básica en la alimentación humana, debido a su bajo precio, rico sabor, disponibilidad en todo el año, múltiples combinaciones de cocina, a la sensación de saciedad que produce, así como por su elevado valor nutritivo en potasio, hierro y vitamina K, etc. (Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria, 2010). La pulpa de plátano por lo general es consumida tal cual y también es utilizada para la elaboración de una gran variedad de productos tales como tostones de plátano, rodajas que se sazonan con diversas especias, comidas típicas de la región, entre otros, quedando la cáscara de plátano como un residuo agroindustrial al cual muchas veces no se le da ningún uso. Sin embargo las cáscaras de plátano poseen un gran potencial como fuente para la obtención de compuestos como la pectina, proporcionando al mismo tiempo valor agregado a dicho residuo agroindustrial (Vasquez, R., Ruesga, L., D'addosio, R., Páez, G., & Marín, M., 2008; Muñoz, 2011).

La pectina es una sustancia de origen vegetal, presente en las plantas, principalmente en sus frutos; este polímero (heteropolisacárido) estructural contiene sobre todo unidades de ácido galacturónico, el cual es uno de los principales componentes de la pared celular de tejidos vegetales parenquimatosos. Se encuentra en las paredes celulares primarias y en los espacios intercelulares de los tejidos vegetales, donde está frecuentemente asociada con otros componentes, tales como la celulosa, hemicelulosa y la lignina, y es responsable de la firmeza y textura de algunos frutos (Happi, E. T., Ronkart, S. N., Robert C., Wathélet B., & Paquot, M., 2008; Qiu L., Zhao G., Wu H., Jiang L., Li X. & Liu J., 2010; López M. N. J., Sañudo B. J. A., Noé A. C., Rodríguez H. R., & Contreras E. J. C., 2011; Muñoz, 2011). La disolución (despolimerización) de los componentes de dicha pared celular, sobre todo de las pectinas, contribuyen al ablandamiento del tejido vegetal (Mangas A. J. J., Dapena de la F. E., Suárez R. M., Moreno F. J., Blanco G. D., & Gutiérrez Á. Ma. D., 2014).

La pectina es un polisacárido con una gran demanda en la industria de los alimentos, se utiliza como agente gelificante en la elaboración de gelatinas, mermeladas, jaleas, productos lácteos bajos en grasa, etc.; como estabilizante de emulsiones y suspensiones, en helados y postres fríos, en soluciones para recubrir salchichas y carnes enlatadas, etc.; como agente viscosante en bebidas (Chacín J., Marín M., & D'Addosio R., 2010; Muhammad, K., Mohd. Z., N. I., Gannasin, S. P., Mohd. A., N., & Bakar, J., 2014). También tiene un importante campo de aplicación en productos de la industria farmacéutica, es decir, por su acción protectora y reguladora del sistema gastrointestinal es utilizada como ingrediente en preparaciones de fármacos como antidiarreicos, desintoxicantes, anticolésterol, antihemorrágicos, anticancerígenos, cicatrizante, entre otros.

Además, reduce la intolerancia a la glucosa en pacientes diabéticos (Chacín *et al.*, 2010; López *et al.*, 2011).

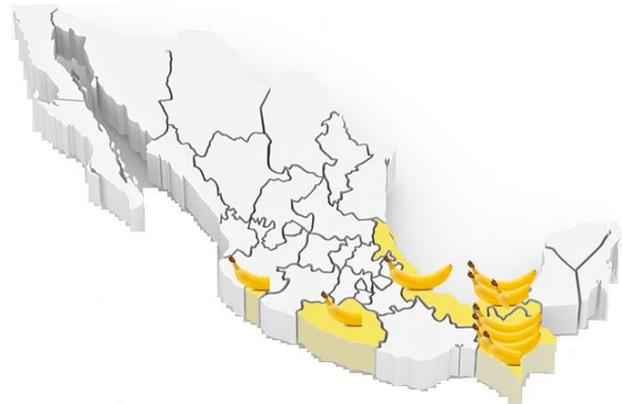
Las pectinas se pueden extraer a partir de recursos vegetales o subproductos de la industria alimentaria tales como, cáscaras/corteza de cítricos (limón, naranja, toronja. 20-35% pectina bs) y la pomaza/residuos de manzana (15-20% pectina), ambos materiales contienen elevadas cantidades de sustancias pécticas, sin embargo, también se puede obtener de otras fuentes alternativas tales como, cáscara de mango, tejocote, nopal, maracuyá, pulpa de remolacha azucarera, pulpa de tomate, desperdicio de papa, semillas de linaza, residuos de piña, repollo, cáscara de plátano, soya, girasol, etc. (Happi *et al.*, 2008; Chacín *et al.*, 2010; Maldonado C. Y., Salazar O. S. M., Millones Ch. C. E., Torres M. Elena V., & Vásquez C. E. R., 2010; Qiu *et al.*, 2010; López *et al.*, 2011; Cabarcas H. E., Guerra B. A.F., & Henao B. C.A., 2012; Muhammad *et al.*, 2014).

Existe un gran interés por el uso de residuos agroindustriales derivados del procesamiento del plátano, con la finalidad de aprovechar las grandes cantidades de biomasa para elaborar productos con valor agregado. Aunado a ello existen muy pocos estudios en la literatura referentes a la obtención de pectina a partir de cáscaras de plátano. Por todo lo anterior el objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar y establecer las condiciones óptimas de extracción de pectina utilizando cáscaras de plátano.

### Producción de plátano en México

México es un importante productor de plátano a nivel mundial, en el año 2010 se ubicó en el noveno lugar con una producción del 2% (India, 31%; China, 10%; Filipinas, 9%).

En ese mismo año los principales estados productores de plátano fueron Chiapas (35% de la producción nacional); Tabasco (22%); Veracruz (11%); Michoacán (7%) y Colima (7%) (Fig. 1). También se produjeron plátanos en otros estados del país, pero en una cantidad menor. En México se cultivan ocho variedades de plátano, principalmente (Fig. 2), las cuales son: Dominico, Valery, Pera, Tabasco, Morado, Manzano, Cavendish Gigante y Macho; y cada variedad tiene su sabor y sus diferentes formas de comerlo (SIAP, 2016; Hernández *et al.*, 2011).



**Figura 1** Producción de plátano en México en el año 2010. Fuente: SIAP, 2016

### Aprovechamiento del plátano

El plátano es considerado como uno de los cultivos más importantes en la agricultura, además, es una de las frutas tropicales más consumidas en México y el mundo; se le considera como una fruta básica en la alimentación humana debido a que aporta potasio, hierro, vitamina K, entre otros nutrimentos. Por lo general la pulpa es consumida en crudo o cocinado (tostones de plátano, rodajas que se sazonan con diversas especias, comidas típicas de la región, etc.) quedando la cáscara de plátano como un residuo agroindustrial.

Algunas ocasiones dicho residuo se destina a la elaboración de alimento para el ganado, como materia prima para la elaboración de harina o muchas veces es considerado material de desecho sin ningún uso; sin embargo las cáscaras de plátano poseen un gran potencial como fuente para la obtención de pectina, que es un subproducto vegetal de gran importancia económica para la industria alimentaria, y al utilizarlas se pueden disminuir los problemas por la contaminación ambiental que ocasiona los residuos agroindustriales en el procesamiento del plátano (Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria, 2010; Vasquez *et al.*, 2008; Muñoz, 2011).



**Figura 2** Principales variedades de plátano cultivadas en México. Fuente: SIAP, 2016

### Pectina y sus aplicaciones

Estructuralmente las pectinas se describen como alternaciones de regiones “lisas” (Homogalacturonanos, HG) y regiones “ramificadas” (Ramnogalacturonanos tipo I, RGI). La región lisa HG (columna vertebral de la pectina) comprende una cadena lineal de enlaces ( $\alpha$ 1-4) del ácido D-galacturónico con inserciones periódicas de enlaces simples ( $\alpha$ 1-2) de unidades de L-ramnosa.

También se pueden enlazar lateralmente cadenas de azúcares neutros que constan fundamentalmente de L-arabinosa, D-galactosa, D-xilosa, glucosa y fucosa (región ramificada; ramnogalacturonano) (Untiveros, 2003; Happi *et al.*, 2008; Muñoz, 2011; López *et al.*, 2011; Cabarcas *et al.*, 2012; Mangas *et al.*, 2014; Muhammad *et al.*, 2014).

La pectina es una sustancia de origen vegetal, presente en las plantas, principalmente en sus frutos; su característica principal es ser un gelificante natural; son hidrocoloides que en solución acuosa presentan propiedades espesantes, estabilizantes y sobre todo gelificantes (Maldonado *et al.*, 2010; Qiu *et al.*, 2010). La pectina es un polisacárido con una gran demanda en la industria de los alimentos, ya que tiene numerosas aplicaciones, de entre las cuales se mencionan las siguientes: se utiliza como agente gelificante en la elaboración de gelatinas, mermeladas, jaleas, etc.; como agente estabilizante de emulsiones y suspensiones, en helados y como agente viscosante en bebidas (Chacín *et al.*, 2010; Muhammad *et al.*, 2014). También tiene un importante campo de aplicación en productos de la industria farmacéutica, es decir, por su acción protectora y reguladora del sistema gastrointestinal se utiliza como ingrediente en preparaciones de fármacos como antidiarreicos, desintoxicantes, anticolesterol, cicatrizante, antihemorrágicos, etc. (Chacín *et al.*, 2010; López *et al.*, 2011).

### Fuentes de extracción de pectina

Las pectinas se pueden extraer a partir de recursos vegetales o subproductos de la industria alimentaria que tienen un alto contenido de éstas, tales como cáscaras/corteza de cítricos (limón, naranja, toronja. 20-35% pectina bs) y la pomaza/residuos de manzana (15-20% pectina).

Ambos materiales contienen elevadas cantidades de sustancias pécticas y están disponibles en abundancia como residuos de la producción de jugos. Sin embargo, también se puede obtener de otras fuentes alternativas tales como tejocote, nopal, maracuyá, pulpa de remolacha azucarera, desperdicio de papa, semillas de linaza, cáscara de plátano, entre otros (Happi *et al.*, 2008; Chacín *et al.*, 2010; Maldonado *et al.*, 2010; Qiu *et al.*, 2010; López *et al.*, 2011; Cabarcas *et al.*, 2012; Muhammad *et al.*, 2014).

Existe un gran interés por el uso de residuos agroindustriales en el procesamiento del plátano, con la finalidad de aprovechar las grandes cantidades de biomasa para elaborar productos con valor agregado. Aunado a ello existen muy pocos estudios en la literatura referentes a la obtención de pectina a partir de cáscaras de plátano. Por todo lo anterior el objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar y establecer las condiciones óptimas de extracción de pectina utilizando cáscaras de plátano.

## Metodología

Para realizar las siguientes actividades se siguió la metodología de Vasquez *et al.* (2008), realizando algunas modificaciones en la materia prima, estado físico de la materia prima, el ácido utilizado, el tiempo de extracción y pH.

Para el desarrollo de la investigación se tomaron en cuenta las siguientes variables independientes: variedad de materia prima, grado de madurez de la materia prima, temperaturas, tiempos y medio de extracción, de cada una de las variables se evaluaron dos niveles. De la variable independiente estado físico de la materia prima se evaluaron 3 niveles y de la variable pH se evaluó 1 nivel (Tabla 1).

El diseño utilizado fue factorial estándar que consiste en todas las combinaciones de los niveles de los factores.

Variables consideradas para la extracción de pectina			
Variedad	<i>Musa Cavendishii</i>	<i>Musa Paradisiaca</i>	
Grado de madurez de materia prima	Verde	Madura	
Estado físico de materia prima	Deshidratada	Fresca y triturada	Fresca y seccionada en piezas de 1*1 cm <sup>2</sup>
Solventes para la extracción	Ácido clorhídrico al 37 %	Ácido cítrico	
Temperatura (°C)	73	85	
Tiempo (min)	30	60	
pH	2.5		

**Tabla 1** Variables consideradas para la extracción de pectina a partir de cáscaras de plátano. Fuente: Ramos-Valentina

El procedimiento general para la obtención de pectina de las dos variedades no cambia, en su esencia es el mismo para las dos. La materia prima utilizada fue cáscara de plátano de las variedades *Musa paradisiaca L.* y *Musa cavendishii L.* en estado de madurez verde y completamente maduro, las cuales se obtuvieron de un establecimiento de la ciudad de Zacatlán, Puebla. Se tomaron en cuenta solo aquellas cáscaras de plátano libres de contaminantes, sanas y sin daños mecánicos. Se lavaron con agua de grifo y posteriormente se sometieron a lavados sucesivos con agua destilada. Posterior a los lavados sucesivos se procedió a inactivar las enzimas pécticas a 93°C durante 5 min, al término de la inactivación las cáscaras se lavaron con agua fría y se deshidrataron a una temperatura de 45°C hasta peso constante, inmediatamente se procedió a envasar herméticamente la cáscara seca, y se mantuvo a temperatura ambiente hasta su utilización.

La etapa de extracción de pectina se realizó de diversas formas, utilizando muestras deshidratadas, muestras frescas trituradas y muestras frescas seccionadas en piezas de 1\*1 cm<sup>2</sup> de cáscaras de plátano maduras y verdes, de las dos variedades (*Musa paradisiaca L.* y *Musa cavendishii L.*). A dichas muestras (1 kg) se les agregó agua destilada, la cual fue acidulada evaluando ácido clorhídrico y ácido cítrico, hasta obtener 2.5 de pH. Posteriormente, las mezclas se sometieron a calentamiento durante 30 y 60 min a 73 y 85°C con agitación constante. Pasado el tiempo, las mezclas se enfriaron hasta 20°C, se agregó alcohol del 96° (grado alimentario) y se dejó en reposo por un lapso de 30 min para precipitar la pectina. Se prosiguió con la etapa de filtración del precipitado pectínico, para lo cual se evaluaron los siguientes materiales: liencillo, manta de cielo, papel filtro y tela cuadrillé. Para la etapa de secado del precipitado pectínico se utilizaron capsulas de aluminio y capsulas de porcelana a una temperatura de 45°C por 24 h.

## Resultados

Se realizó con éxito la etapa de inactivación de enzimas pécticas a una temperatura de 93°C durante 5 min, específicamente se inactivaron las pectinesterasas. De acuerdo con lo estipulado por Cabarcas *et al.*, (2012) con ello se aseguró la eliminación de algún tipo de suciedad presente en las cáscaras de plátano, se evitó que la muestra sufriera maduración durante el tiempo de extracción de pectina, además de hacer más eficiente el proceso de extracción.

Los resultados obtenidos en la extracción de pectina utilizando muestras deshidratadas de cáscara de plátano (*M. paradisiaca L.* y *M. cavendishii L.*) mostraron una coloración oscura en el concentrado péctico y en el producto final.

Por otro lado al valorar los rendimientos, éstos no fueron muy significativos (fueron muy bajos). Happi *et al.* (2008) encontraron un elevado rendimiento de pectina (24 a 217 mg/g) a partir de Musa, genotype AAA, Grande Naine pero emplearon condiciones experimentales diferentes a las utilizadas en esta investigación (secado al vacío, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – KOH, 250 rpm). Por otro lado Cabarcas *et al.* (2012) reportan rendimientos de pectina entre 7.53% y 23.06%, empleando cascara de plátano Hartón Musa AABsimmonds, empleando H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, HCl para la extracción, mientras que en ésta investigación se utilizó HCl y C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>.

En la extracción de pectina empleando muestras frescas, los mejores resultados se obtuvieron al trabajar con muestras seccionadas en piezas de 1\*1 cm<sup>2</sup> de cáscaras de plátano maduras. Al utilizar HCl al 37% para la extracción, los resultados reflejados no fueron muy aptos para continuar con el proceso, por lo cual se trabajó con ácido cítrico, éste solvente es más idóneo para la hidrólisis ácida ya que por sus propiedades químicas resulta beneficioso por su índole alimentario. Los valores obtenidos correspondientes al rendimiento se encuentran dentro del rango establecido por Arellanes M. A., Jaraba, Z. M., G. P., Mazzarri C. A., & Rincón M. (2011), quienes reportan un porcentaje del 6.64% como mínimo, ya que en esta investigación se obtuvo un rendimiento en el rango de 3.1 a 7.76%, por otro lado Qiu *et al.*, (2010) emplearon cascara de plátano fresca y seccionada en piezas de 4\*4 mm, y utilizaron centrifugación para obtener la pectina.

Respecto al proceso de filtración del precipitado pectínico, tras varias pruebas con cada material filtrante evaluado se comprobó que el uso de la tela cuadrille facilita y optimiza el proceso de filtrado, por otro lado Cabarcas *et al.*, (2012) emplearon centrifugación para acelerar el proceso.

Para el proceso de secado se utilizaron capsulas de aluminio, debido a sus propiedades conductivas de calor, en contraste con las capsulas de porcelana las cuales resultaron ineficaces para dicho proceso. Una vez obtenida la pectina seca se procedió a realizar la molienda en morteros para disminuir el tamaño de la hojuela. Comparando los resultados obtenidos con los reportados por Arellanes *et al*, (2011), ellos realizaron el secado de la pectina extraída de forma extendida en capsulas de vidrio.

### Conclusiones

Se establecieron las condiciones óptimas de extracción de pectina a partir de cáscaras de plátano (*Musa paradisiaca L.* y *Musa cavendishii L.*), las cuales fueron: uso de muestras seccionadas en piezas de 1\*1 cm<sup>2</sup> de cáscaras de plátano maduras, temperaturas de extracción de 73°C y 85°C; tiempo de extracción de 30 y 60 min; pH 2.5., ácido cítrico como medio de extracción, con lo cual se genera un valor agregado al residuo orgánico (cáscaras de plátano).

### Referencias

- Arellanes M. A., Jaraba, Z. Mármol, G. Páez, C. Aiello Mazzarri, M. Rincón (2011). Obtención y caracterización de pectina de la cascara del cambur manzano (*Musa AAB*). *Revista de la Facultad de Agronomía*. (LUZ). 28: 523-539.
- Cabarcas Henao E.; Guerra Benedetti A.F.; Henao Balseiro C.A. (2012). Extracción y caracterización de pectina a partir de cáscaras de plátano para desarrollar un diseño general del proceso de producción. Trabajo de grado perteneciente al programa de Ingeniería Química. Universidad de Cartagena, Colombia. pp. 71.
- Chacín Jessonica, Marín Merilyn, D'Addosio Rosa (2010). Evaluation of Pectin Content in Different Genotypes of Guava from the South of Lake Maracaibo. *Multiciencias*, vol. 10, núm. 1, pp. 7-12, Universidad del Zulia Venezuela. ISSN 1317-2255.
- Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria (2010). Monografía del plátano. Gobierno del estado de Veracruz (portal.veracruz.gob.mx).
- Happi Emaga Thomas, Ronkart Sébastien N., Robert Christelle, Wathélet Bernard, Paquot Michel (2008). Characterisation of pectins extracted from banana peels (*Musa AAA*) under different conditions using an experimental design. *Food Chemistry*. 108, 463-471
- Hernández, E. R., Sánchez, Á. S., Peña, A. G., & Olán, J. O. (2011). *Arachis pintoi* Como cobertura de suelo en cultivos de plátano macho (*Musa AAB*) en cárdenas, Tabasco, México. (Spanish). *Cultivos Tropicales*, 32(4), 65-70.
- López Martínez Nohemí Jocabet, Sañudo Barajas J. Adriana, Noé Aguilar Cristóbal, Rodríguez Herrera Raúl, Contreras Esquivel Juan Carlos (2011). Pectina de mango: perspectivas para su extracción. *CIENCIACIERTA*. No.27. año 7.
- Maldonado Culquimboz Yojani, Salazar Ocampo Sarita M., Millones Ch. Carlos E., Torres M. Elena V., & Vásquez C. Ernestina R. (2010). Extracción of pectin by acid hydrolysis method in fruit maushan (*Vasconcellea weberbaueri* (Harms) V.M. Badillo) from the district of San Miguel de Soloco, Amazon region. *Revista Aporte Santiaguino*, 3(2): 177-184.

Mangas Alonso Juan José, Dapena de la Fuente Enrique, Suárez Rodríguez Manuel, Moreno Fernández Javier, Blanco Gomis Domingo, Gutiérrez Álvarez Ma. D. (2014). Evolución del contenido de pectina a lo largo de la maduración y desarrollo de la manzana. Consecuencias prácticas para la recolección y posterior elaboración de sidra y otros derivados de la manzana. Información técnica. *Centro de Experimentación Agraria de Villaviciosa*.

Muhammad, K., Mohd. Zahari, N. I., Gannasin, S. P., Mohd. Adzahan, N., & Bakar, J. (2014). High methoxyl pectin from dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel. *Food Hydrocolloids*, 42289-297. doi: 10.1016/j.foodhyd.2014.03.021

Muñoz Ordoñez F.J., (2011). Extracción y caracterización de la pectina obtenida a partir del fruto de dos ecotipos de cocona (*Solanum sessiliflorum*), en diferentes grados de madurez; a nivel de planta piloto. Tesis de maestría en ingeniería agrícola. Universidad nacional de Colombia. pp. 82.

Qiu Li-ping, Zhao Guang-lei, Wu Hui, Jiang Lu, Li Xiao-feng & Liu Jun-juan (2010). Investigation of combined effects of independent variables on extraction of pectin from banana peel using response surface methodology. *Carbohydrate Polymers*. 80, 326–331.

SIAP (2016). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, MÉXICO. Producción de plátano en México y el mundo. Citado el día 12 de julio de 2016, disponible en <http://www.siap.gob.mx>

Untiveros B. G. S., (2003). Obtención y caracterización de pectinas de alto y bajo metoxilo de la manzana variedad pachacamac. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 69. (3): 55-162

Vasquez, R, Ruesga, L, D'addosio, R, Páez, G, & Marín, M. (2008). Extracción de pectina a partir de la cáscara de plátano (*Musa AAB*, subgrupo plátano) clon Hartón. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 25(2), 318-333. Recuperado en 02 de agosto de 2016, de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182008000200008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182008000200008&lng=es&tlng=es).