

## Extracción y caracterización reológica de almidón y pectina en frutos de plátano ‘Pera’ (*Musa ABB*)\*

### Extraction and rheological characterization of starch and pectin in ‘Pera’ (*Musa ABB*) banana fruits

Juan Esteban Bello-Lara<sup>1</sup>, Rosendo Balois-Morales<sup>2</sup>, María Teresa Sumaya-Martínez<sup>2</sup>, Porfirio Juárez-López<sup>3§</sup>, Adriana Inés Rodríguez-Hernández<sup>4</sup>, Leticia Mónica Sánchez-Herrera<sup>2</sup> y Edgar Iván Jiménez-Ruiz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias- Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la cultura “Amado Nervo”. C. P. 63155. Tepic, Nayarit, México. (estebanbela@hotmail.com). <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad de Tecnología de Alimentos. Ciudad de la cultura “Amado Nervo” s/n. C. P. 63155. Tepic, Nayarit, México. (balois\_uanayar@hotmail.com; teresumaya@hotmail.com; leticia\_moni@hotmail.com; jiru80@gmail.com). <sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias- Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Avenida Universidad 1001, C. P. 62210. Cuernavaca, Morelos, México. (porfiriojlopez@yahoo.com). <sup>4</sup>Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias. Av. Universidad km 1. Rancho Universitario. C. P. 43600. Tulancingo, Hidalgo, México. (adrianainesh@yahoo.com.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: porfiriojlopez@yahoo.com.

## Resumen

La reología es de fundamental importancia en la fabricación de alimentos para comprender la manera en la cual una sustancia se mueve y se comporta para poder transportarla y mezclarla durante su procesamiento. El objetivo fue cuantificar la extracción y caracterizar reológicamente el almidón y la pectina de frutos de plátano ‘Pera’ (*Musa ABB*). Por cada 100 g de harina seca de frutos de plátano ‘Pera’ se tuvo un rendimiento de extracción de 56.53% de almidón y 9.73% de pectina. El perfil reológico de los polisacáridos tuvo un índice de consistencia ( $\text{Pa s}^n$ ) de 0.0325 (almidón) y 0.0140 (pectina) e índices de flujo ( $n$ , adimensional) de 0.7225 (almidón) y 0.7800 (pectina). Ambos polisacáridos presentaron un flujo no-Newtoniano y un comportamiento pseudoplástico. Los frutos de plátano ‘Pera’ (*Musa ABB*) pueden representar una fuente alternativa no convencional para la extracción de almidón y pectina, y potencialmente podrían utilizarse en la industria de los alimentos como ingredientes o para elaborar recubrimientos comestibles.

**Palabras claves:** *Musa ABB*, frutos tropicales, polisacáridos, reología.

## Abstract

Rheology is fundamentally important in food production to understand the way in which a substance moves and behaves to be able to transport it and mix it during processing. The objective was to quantify the extraction and rheologically characterize starch and pectin of ‘Pera’ (*Musa ABB*) banana fruits. Per every 100 g of dried flour of ‘Pera’ (*Musa ABB*) banana fruits extraction yields of 56.53% of starch and 9.73% of pectin were obtained. The rheological profile of the polysaccharides had a consistency index ( $\text{Pa s}^n$ ) of 0.0325 (starch) and 0.0140 (pectin) and flow indexes ( $n$ , dimensionless) of 0.7225 (starch) and 0.7800 (pectin). Both polysaccharides showed a non-Newtonian flow and pseudoplastic behavior. The ‘Pera’ (*Musa ABB*) banana fruits may represent an unconventional alternative source for extracting starch and pectin, and could be potentially used in the food industry as an ingredient or to produce edible coatings.

**Keywords:** *Musa ABB*, tropical fruits, polysaccharides, rheology.

\* Recibido: enero de 2014  
Aceptado: febrero de 2014

## Introducción

El almidón es la principal fuente de carbohidratos sintetizada por las plantas superiores. En los frutos funciona como reserva energética y su concentración varía con el estado de madurez (Taiz y Zeiger, 2010); en el caso del plátano (*Musa* spp.), en madurez fisiológica el almidón constituye hasta 60% de los frutos con base en peso de materia seca (Jiménez-Vera, 2011). En la industria de alimentos, el almidón se usa principalmente como agente de retención de humedad, espesante, estabilizante de sistemas y de bajo costo; además, es la materia prima más usada en la elaboración de películas biodegradables, debido principalmente a su relativa abundancia y facilidad de manejo (Bello-Pérez, 2006, Lin y Zhao, 2007, Zamudio-Flores, 2011).

De igual manera, la pectina es otro de los carbohidratos complejos que se encuentran en la composición de los frutos. Es uno de los principales componentes de la pared celular primaria y media en los tejidos vegetales (Arellanes *et al.*, 2011) que se ha empleado como recubrimiento comestible debido a que es un polisacárido no tóxico, biocompatible y biodegradable (Sriamornsak *et al.*, 2008).

La Reología es la ciencia que estudia la deformación y flujo de los materiales. En la definición de los parámetros reológicos se toma en cuenta el flujo laminar, en el cual se considera un fluido como varias capas que se deslizan una sobre otra. En los estudios reológicos se observa la respuesta de un material a un estrés o deformación aplicado, por lo que la reología en la fabricación de alimentos es de fundamental importancia para comprender la manera en la cual una sustancia se mueve y se comporta para poder transportarla y mezclarla durante su procesamiento. También, la reología de un producto dicta mucho de la experiencia del consumidor, por ejemplo, en relación con la textura y la sensación en la boca (Norton *et al.*, 2011).

Para evaluar el perfil reológico de polisacáridos, tales como el almidón y la pectina, el modelo más utilizado es el de Ostwald de Waele o ley de la potencia:

$$\sigma = k\dot{\gamma}^n$$

Donde:  $\sigma$  (Pa) es el esfuerzo de corte en la interfase del fluido y el elemento que produce el esfuerzo;  $k$  es el coeficiente de consistencia ( $\text{Pa s}^n$ );  $\dot{\gamma}$  ( $\text{s}^{-1}$ ) es la velocidad de corte o deformación en la interfase, y  $n$  es el índice de flujo (adimensional). Los valores  $k$  y  $n$  describen el comportamiento del fluido. La consistencia  $k$

## Introduction

Starch is the main source of carbohydrates synthesized by higher plants. In fruits works as an energy reserve and its concentration varies with maturity (Taiz and Zeiger, 2010), in the case of banana (*Musa* spp.) at physiological maturity starch makes up 60% of fruits dry matter (Jiménez-Vera, 2011). In the food industry, starch is mainly used as a moisture retention agent, thickener, systems stabilizer and with low cost, moreover, it is the most used raw material for the preparation of biodegradable films, mainly because of its relative abundance and ease of use (Bello-Pérez, 2006, Lin y Zhao, 2007, Zamudio-Flores, 2011).

Similarly, pectin is one of the complex carbohydrates found in the composition of the fruits. It is one of the main components of the primary and middle cell wall in plant tissues (Arellanes *et al.*, 2011) and has been employed as an edible coating because it is a non-toxic, biocompatible and biodegradable polysaccharide (Sriamornsak *et al.*, 2008).

Rheology is the science that studies the deformation and flow of materials. The definition of rheological parameters takes into account the laminar flow, in which a fluid is considered as a number of layers sliding over each other. In rheological studies the response of a material to an applied stress or strain is observed, thus the rheology is critical in food manufacturing to understand the way in which a substance moves and behaves to be transported and mixed during processing. Also, the rheology of a product dictates much of the consumer experience, for example, in connection with the texture and mouthfeel (Norton *et al.*, 2011).

To evaluate the rheological profile of polysaccharides such as starch and pectin, the most used model is the Ostwald de Waele or power law:

$$\sigma = k\dot{\gamma}^n$$

Where:  $\sigma$  (Pa) is the shear stress at the interface of the fluid and the element that produces the shear;  $k$  is the consistency coefficient ( $\text{Pa s}^n$ );  $\dot{\gamma}$  ( $\text{s}^{-1}$ ) is the shear rate or deformation in the interface, and  $n$  is the flow index (dimensionless). The  $k$  and  $n$  values describe the behavior of the fluid. The  $k$  consistency is an indicator of the viscous nature of the system, resulting that larger  $k$  is means more viscous

es un indicador de la naturaleza viscosa del sistema, resultando que a mayor  $k$  más viscoso es el material (Mechetti, 2011). El índice de flujo  $n$  es una medida del grado de comportamiento no Newtoniano. Si  $n < 1$  el fluido es pseudo plástico; si  $n > 1$  el fluido es dilatante; y si  $n = 1$  es un fluido newtoniano.

En México, Nayarit es el sexto productor de plátano con una superficie sembrada de más de 3 671 hectáreas y una producción de 42 387 toneladas en el año 2012 (SIAP, 2013). La variedad 'Pera' (*Musa ABB*) es la más cultivada con 54% de la producción estatal; sin embargo, en el mercado presenta los menores precios en comparación con los cultivares 'Macho' y 'Manzano' (SNIIM, 2013) por lo que recientemente se han visualizado alternativas para mejorar el aprovechamiento de este cultivo.

La obtención de polisacáridos a partir de fuentes no convencionales, tales como los frutos de plátano (*Musa spp.*) podría representar una alternativa para darle valor agregado a este cultivo. Se buscan fuentes no convencionales para extraer almidón por dos razones: 1) satisfacer la demanda de las industrias que emplean el almidón como materia prima o ingrediente; y 2) buscar almidones con propiedades funcionales diferentes o mejores a las fuentes convencionales (Zhang *et al.*, 2005; Bello-Pérez *et al.* 2006); además, el almidón y la pectina por su potencial uso en la elaboración de recubrimientos comestibles podría favorecer la conservación poscosecha de frutos (Rojas-Graü *et al.*, 2009).

En la literatura se ha reportado el perfil reológico de polisacáridos en plátano 'Macho' (*Musa AAB*) pero no se encontraron reportes de estudios reológicos en frutos de plátano 'Pera'. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue cuantificar la extracción y caracterizar reológicamente del almidón y la pectina de frutos de plátano 'Pera' (*Musa ABB*).

### **Preparación de las muestras y extracción de almidón y pectina**

Se evaluaron frutos de plátano 'Pera' de la localidad de Mecatán, municipio de San Blas, Nayarit, cosechados en madurez fisiológica el 23 de enero de 2012. Los frutos se lavaron, se les eliminó la cáscara y se cortaron en trozos de 0.5 cm de ancho a lo largo del fruto. Después, se almacenaron en congelación  $-18 \pm 2$  °C, se liofilizaron (Labconco®, modelo Free zone 2.5) y se trituraron hasta obtener un polvo similar a una harina, de la cual se extrajeron los polisacáridos, utilizando como referencia la metodología de Peña-Valdivia y Sánchez-Urdaneta (2006) para la extracción de polisacáridos en nopalito (*Opuntia ficus*), adaptándola para extracción de almidón y pectina en frutos de

material (Mechetti, 2011). Flow index  $n$  is a measure of non-Newtonian behavior. If  $n < 1$ , the fluid is pseudo-plastic, if  $n > 1$  the fluid is dilatant, and if  $n = 1$  it is a Newtonian fluid.

In Mexico, Nayarit is the sixth largest producer of banana with a planted area of more than 3 671 hectares and a production of 42 387 tons in 2012 (SIAP, 2013). The 'Pera' (*Musa ABB*) variety is the most cultivated with 54% of the domestic production, but has the lowest market prices compared to the 'Macho' and 'Manzano' cultivars (SNIIM, 2013) therefore recently some alternatives have been displayed to improve the performance of this crop.

Obtaining polysaccharides from unconventional sources such as banana fruits (*Musa spp.*) could represent an alternative to give added value to this crop. Unconventional sources are sought to extract starch for two reasons: 1) meet the demand of the industries using starch as raw material or ingredient; and 2) find starches with different functional properties or better than conventional sources (Zhang *et al.*, 2005; Bello-Pérez *et al.*, 2006); moreover, the potential use of starch and pectin in production of edible coatings could promote the postharvest conservation of fruits (Rojas-Graü *et al.*, 2009).

The literature has reported the rheological profile of polysaccharides in 'Macho' (*Musa AAB*) banana but no reports of rheological studies were found in 'Pera' banana fruits. Therefore, the objective of this research was to quantify and rheologically characterize the extraction of starch and pectin from 'Pera' (*Musa ABB*) banana fruits.

### **Preparation of samples and extraction of starch and pectin**

'Pera' Banana fruits from the Mecatán locality of the San Blas municipality, Nayarit, harvested at physiological maturity on January 23<sup>rd</sup>, 2012 were evaluated. Fruits were washed, their peel removed and were cut into pieces 0.5 cm wide along the fruit. Then they were stored in a freezer at  $-18 \pm 2$  °C, lyophilized (Free zone 2.5, Labconco®) and ground to obtain a flour-like powder, from which the polysaccharides were extracted using as reference the methodology of Peña-Valdivia and Sánchez-Urdaneta (2006) for polysaccharide extraction in nopalito (*Opuntia ficus*), adapted for the extraction of starch and pectin in 'Pera' (*Musa ABB*) banana fruits. The starch was extracted with distilled water and pectin with ammonium oxalate (0.05%) and pH 5.6 in a water bath with constant stirring. The aqueous mixture was centrifuged at 3 500 x 10 g revolutions per min (rpm) for five

plátano ‘Pera’ (*Musa ABB*). El almidón se extrajo con agua destilada y la pectina con oxalato de amonio (0.05%) y pH a 5.6 en baño maría y con agitación constante. La mezcla acuosa se centrifugó a 3 500 x 10 g revoluciones por min (rpm) durante cinco minutos; el sobrenadante fue precipitado en alcohol frío (96°) en relación a 1:4 (v/v) y se purificó por diálisis con agua destilada utilizando una membrana Membra-Cel® MD25 14 x 100 CLR, durante 72 h. Posteriormente, la muestra se congeló, se liofilizó y finalmente se pesó para cuantificar la extracción de almidón y pectina.

### Caracterización reológica de almidón y pectina

Para la caracterización reológica de almidón y la pectina a partir de frutos de plátano ‘Pera’, se preparó una solución con agua destilada al 1% (p/v) a 50 °C en agitación constante durante 24 h (Del-Valle *et al.*, 2005). De esta solución se tomaron 2 µL y se colocaron en la placa plana de calentamiento de un reómetro de esfuerzo controlado (TA Instruments® Modelo AR2000, EUA) usando una geometría de cono acrílico (diámetro de 60 mm, ángulo de 2°, “Gap”= 54 mm y temperatura= 25 °C), con intervalo de velocidad de cizalla desde 0.1 a 300 s<sup>-1</sup>.

Los datos se graficaron con el programa SigmaPlot (Versión 12.0) y las curvas se ajustaron al modelo de Ostwal-De Waele (ley de la potencia).

### Extracción de polisacárido de almidón y pectina

El rendimiento de extracción del almidón y de la pectina extraídos de frutos de plátano ‘Pera’ en madurez fisiológica se presenta en el Cuadro 1, en el cual se observa el elevado contenido de almidón que contiene el fruto con un rendimiento de extracción de 56.53% con base a peso de materia seca. Éstos resultados son superiores a los reportados por Bello-Pérez *et al.* (2000) quienes reportaron rendimiento de 43.8% de almidón en plátano ‘Macho’ (*Musa AAB*). En general, éstos elevados contenidos de almidón se atribuye a que este compuesto es el principal carbohidrato de reserva sintetizado por las plantas (Taiz y Zeiger, 2010). Asimismo, se ha reportado que frutos de plátano en madurez fisiológica contienen entre 50 y 60% de almidón, por lo que puede representar una alternativa no convencional para su extracción y utilizarse en la industria de alimentos como ingrediente o para elaborar recubrimientos comestibles (Bello-Pérez *et al.*, 2000).

En cuanto a la pectina (Cuadro 1), el rendimiento de extracción fue de 9.73%. Estos valores son superiores a los reportados por Arellanes *et al.* (2011), quienes en plátano

minutes, the supernatant was precipitated in cold alcohol (96°) at 1 : 4 ( v / v ) ratio and purified by dialysis against distilled water Membra using a Membra-Cel® MD25 14 x 100 CLR membrane for 72 h. Subsequently, the sample was frozen, freeze dried and finally weighed to quantify the extraction of starch and pectin.

### Rheological characterization of starch and pectin

For rheological characterization of starch and pectin from ‘Pera’ banana fruits, a solution was prepared in distilled water at 1% (w/v) at 50 °C under constant stirring for 24 h (Del-Valle *et al.*, 2005). From this solution 2 mL were taken and placed on the flat plate heater of a controlled stress rheometer (AR2000, TA Instruments®, USA) using an acrylic cone geometry (60 mm diameter, 2° angle, "Gap"= 54 mm and temperature= 25 °C), with shear rate range from 0.1 to 300 s<sup>-1</sup>.

Data were plotted with the SigmaPlot software (Version 12.0) and the curves were fitted to the Ostwald-De Waele model (power law).

### Extraction of starch and pectin polysaccharide

The extraction yield of the starch and the pectin extracted from ‘Pera’ banana fruits at physiological maturity is presented in Table 1, where the high content of starch contained by the fruit is observed with a extraction yield of 56.53% based on dry matter. These results are higher to those reported by Bello-Pérez *et al.* (2000) who reported a 43.8% yield of starch in ‘Macho’ (*Musa AAB*) banana. In general, these high starch content is attributed to the fact that this compound is the main reserve carbohydrate synthesized by plants (Taiz and Zeiger, 2010). Also, it has been reported that banana fruits at physiological maturity contain between 50 and 60% starch, thus it may represent an unconventional extraction alternative and could be used in the food industry as an ingredient or to produce edible coatings (Bello-Pérez *et al.*, 2000).

Concerning pectin (Table 1), the extraction yield was 9.73%. These values are higher than those reported by Arellanes *et al.* (2011), who found a 6.64% yield of pectin in ‘Manzano’ banana and also than those obtained by Vásquez *et al.* (2008) who obtained 7.65% of pectin in banana peel (*Musa AAB* Hartón clone). These results show differences in the extraction efficiency of pectins according to the banana type and part of the fruit used for analysis.

‘Manzano’ encontraron un rendimiento de pectina de 6.64% y también a los obtenidos por Vásquez *et al.* (2008) que en cáscara de plátano (*Musa AAB*, clon Hartón) obtuvieron 7.65% de pectina. Estos resultados muestran diferencias en el rendimiento de extracción de pectinas en función del tipo de plátano y de la parte del fruto que se utilice para el análisis.

### Caracterización reológica del almidón y pectina de plátano ‘Pera’

El perfil reológico del almidón y de la pectina de plátano ‘Pera’ se presenta en el Cuadro 2. Los reogramas de estos polisacáridos se ajustaron al modelo de Ostwald-De Waele (Ley de la potencia). La reología del almidón y de la pectina en suspensión en ninguna de las soluciones a 1% presentó dependencia del tiempo durante la deformación. El almidón y la pectina presentaron un índice de flujo ( $n$ ) menor a 1, definiéndose como fluidos no-Newtonianos; la viscosidad de estos polisacáridos decreció al aumentar la velocidad de corte (Figura 1). A éste comportamiento se denomina reofluidificante y ocurre cuando el esfuerzo aplicado desorganiza el arreglo de las moléculas de la matriz.

### Cuadro 2. Parámetros del modelo de Ostwald-de Waele (Ley de la potencia) para almidón y pectina de plátano ‘Pera’ (*Musa ABB*).

Table 2. Parameters of the Ostwald-de Waele model (power law) for starch and pectin from ‘Pera’ (*Musa ABB*) banana.

Polisacárido	Modelo	R <sup>2</sup>	Índice de flujo ( $n$ ) adimensional	Índice de consistencia $k$ (Pa s <sup><math>n</math></sup> )
Almidón 1%	Ley de la potencia	0.9987	$0.7251 \pm 0.0072$	$0.0325 \pm 0.0012$
Pectina 1%		0.9964	$0.7800 \pm 0.0147$	$0.0140 \pm 0.0011$

Guerra-DellaValle *et al.* (2009) al evaluar el índice de flujo de tres tipos de almidones: nativo (0.465), acetilado (0.479) y oxidado (0.566) de plátano ‘Macho’ (*Musa AAB*), obtuvieron un comportamiento no-Newtoniano del tipo reofluidificante, similar a los reportados en la presente investigación. El comportamiento reofluidificante de la pectina de plátano ‘Pera’ fue similar a las reportados en frutos de *Campomanesia xanthocarpa*, extraídas con agua y ácido cítrico a 0.5%, donde se obtuvieron valores de índice de flujo de 0.710 y 0.690, respectivamente (Silva *et al.*, 2010).

Finalmente, en la Figura 2 se presenta la apariencia de frutos de plátano ‘Pera’, del almidón y la pectina evaluados en el presente estudio.

### Cuadro 1. Rendimiento de extracción de almidón y pectina por cada 100 g de harina seca de plátano ‘Pera’ (*Musa ABB*).

Table 1. Extraction yield of starch and pectin per every 100 g of ‘Pera’ (*Musa ABB*) banana dried flour.

Polisacárido	Peso (g)	Rendimiento (%)
Almidón	16.96	56.53
Pectina	5.16	9.73

### Rheological characterization of starch and pectin from ‘Pera’ banana

The rheological profile of starch and pectin from ‘Pera’ banana is presented in Table 2. The rheograms of these polysaccharides were fitted to the Ostwald-De Waele model (power law). The rheology of starch and pectin in suspension in none of the 1% solutions showed time dependency during deformation. The starch and pectin had a flow index ( $n$ ) lesser than 1, defined as non-Newtonian fluids, the viscosity of these polysaccharides decreased with increasing shear rate (Figure 1). This is called a shear-thinning behavior and occurs when the applied stress disrupts the arrangement of the matrix molecules.

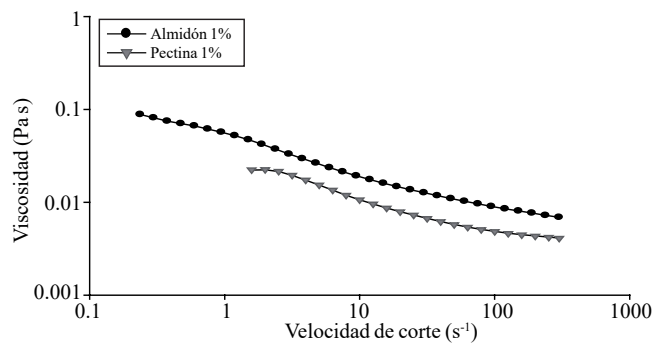


Figura 1. Viscosidad de almidón y pectina en función de la velocidad de corte de soluciones acuosas a 1% (p/v) de plátano ‘Pera’ (*Musa ABB*).

Figure 1. Viscosity of starch and pectin as a function of shear rate of 1% aqueous solutions (w/v) of ‘Pera’ (*Musa ABB*) banana.



## Conclusiones

Por cada 100 g de harina seca de frutos de plátano ‘Pera’ (*Musa ABB*) se tuvo un rendimiento de extracción de 56.53% de almidón y 9.73% de pectina.

El perfil reológico de los polisacáridos tuvo un índice de consistencia ( $\text{Pa s}^n$ ) de 0.0325 (almidón) y 0.0140 (pectina) e índices de flujo ( $n$ , adimensional) de 0.7225 (almidón) y 0.7800 (pectina). Ambos polisacáridos presentaron un flujo no-Newtoniano y un comportamiento pseudo plástico.

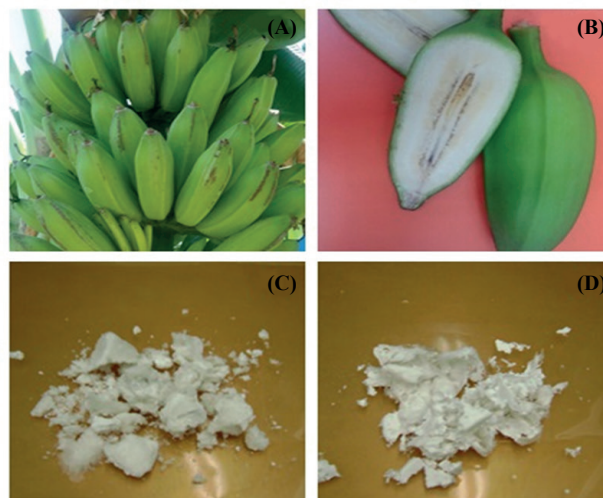
Los frutos de plátano ‘Pera’ (*Musa ABB*) pueden representar una fuente alternativa para la extracción de almidón y pectina, y potencialmente podrían utilizarse en la industria de los alimentos como ingredientes o para elaborar recubrimientos comestibles.

## Literatura citada

- Arellanes, A.; Jaraba, M.; Marmol, Z.; Paez, G.; Aiello-Mazzarri, C. y Rincón, M. 2011. Obtención y caracterización de pectina de la cascara del cambur manzano (*Musa AAB*). *Revista Facultad Agronomía (LUZ)* 28:523-539.
- Bello-Pérez, L. A.; Agama-Acevedo, E.; Sáyago-Ayerdi, S. G.; Moreno-Damián, E. and Figueroa, J. D. C. 2000. Some structural, physicochemical and functional studies of banana starches isolated from two varieties growing in Guerrero, Mexico. *Starch* 52:68-73.
- Bello-Pérez, A.; González-Soto, R.; Sánchez-Rivero, M.; Gutiérrez-Meráz, F y Vargas-Torres A. 2006. Extrusión de almidones de fuentes no convencionales para la producción de almidones resistentes. *Agrociencia* 40:441-448.
- Del-Valle, V.; Hernández-Muñoz, P.; Guarda, A. and Galotto, M. 2005. Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chem.* 91:751-756.
- Guerra-dellaValle, D.; Sánchez-Rivera, M. M.; Zamudio-Flores, P. B.; Méndez-Montealvo, G.; Bello-Pérez, L. A. 2009. Effect of chemical modification type on physicochemical and rheological characteristics of banana starch. *Revista Mexicana de Ingeniería Química.* 8:197-203.
- Jiménez-Vera, R.; González-Cortés, N.; Magaña-Contreras, A. and Corona-Cruz, A. I. 2011. Resistant starch in foods consumed in southeastern Mexico. *Tecnociencia* 5:27-34.
- Lin, D. and Zhao, Y. 2007. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive reviews in food science and food security.* 6:60-75.

Guerra-DellaValle *et al.* (2009) assessed the flow index of three types of starch: native (0.465), acetylated (0.479) and oxidized (0.566) from ‘Macho’ (*Musa AAB*) banana, obtaining a non-Newtonian behavior of the shear-thinning type, similar to those reported in the present investigation. The shear thinning behavior of pectin from ‘Pera’ banana was similar to those reported in *Campomanesia xanthocarpa* fruits, extracted with water and 0.5% citric acid, where flow index values of 0.710 and 0.690 were obtained, respectively (Silva *et al.*, 2010).

Finally, Figure 2 shows the appearance of ‘Pera’ banana fruits, starch and pectin evaluated in this study.



**Figura 2. (A y B) frutos de plátano ‘Pera’ (*Musa ABB*); (C) almidón; y (D) pectina.**

**Figure 2. (A and B) ‘Pera’ (*Musa ABB*) banana fruits; (C) starch and (D) pectin.**

## Conclusions

Per every 100 g of dried flour from ‘Pera’ (*Musa ABB*) banana fruits an extraction yield of 56.53 % of starch 9.73 % of pectin and was obtained.

The rheological profile of the polysaccharides had a consistency index ( $\text{Pa s}^n$ ) of 0.0325 (starch) and 0.0140 (pectin) and flow indexes ( $n$ , dimensionless) of 0.7225 (starch) and 0.7800 (pectin). Both polysaccharides showed a non-Newtonian flow and pseudoplastic behavior.

- Mechetti, M.; Gómez-López, A. R. y Balella, A. 2011. Propiedades reológicas de melados de caña de azúcar. *Investigación y Desarrollo* 33:1-8.
- Norton, I. T.; Spyropoulos, F. and Cox, P. 2011. *Practical food rheology: an interpretive approach*. Wiley-Blackwell. Ames, Iowa, USA. 320 p.
- Peña-Valdivia, C. B. y Sánchez-Urdaneta, A. B. 2006. Nopalito and cactus pear (*Opuntia* spp.) polysaccharides: mucilage and pectin. *Acta Horticulturae* 728:241-247.
- Rojas-Graü, M. A.; Soliva-Fortuny, R. y Martín-Belloso, O. 2009. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh cut fruits: a review. *Trends Food Sci. Technol.* 20:38-447.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). <http://www.siap.gob.mx/>. (consultado septiembre, 2013).
- Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM). <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/>. (consultado agosto, 2013).
- Silva-Santos, M. D.; Oliveira-Petkowicz, C. L.; Isidro-Haminiuk, C. W. e Bileski-Candido, L. M. 2010. Estudo das Propriedades Químicas E Reologicas Dos Polissacarídeos Extraídos Da Gabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg). *Rev. Iberoam. Polim.* 11(5):359-373.
- Sriamornsak, P.; Wattanakorn, N.; Nunthanid, J. and Puttipitkhachorn, S. 2008. Mucoadhesion of pectin as evidence by wettability and chain interpenetration. *Carbohydrate Polymers.* 74:458-467.
- The 'Pera' (*Musa ABB*) banana fruits may represent an alternative source for the extraction of starch and pectin, and could be potentially used in the food industry as an ingredient or to produce edible coatings.

*End of the English version*



- Taiz, L. and Zeiger, E. 2010. *Plant Physiology*. 5<sup>th</sup> (Ed.). Sinauer Associates Publishers. Sunderland, Massachusetts, USA. 782 p.
- Vásquez, R.; Ruesga, L.; D'addosio, R.; Páez, G. y Marín, M. 2008. Extracción de pectina a partir de la cáscara de plátano (*Musa AAB*, subgrupo plátano) clon Hartón. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)* 25:318-333.
- Zamudio-Flores, P. B.; Vargas-Torres, A.; Gutiérrez-Meraz, F. y Bello-Pérez, L. A. 2011. Caracterización fisicoquímica de almidones doblemente modificados de plátano. *Agrociencia* 44:283-295.
- Zhang, P.; Whistler, R. L.; BeMiller, J. N. and Hamaker, B. R. 2005. Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility review. *Carbohydrate Polymers.* 59:443-458.