

Extracción de pectina a partir de la cáscara de plátano (*Musa* AAB, subgrupo plátano) clon Hartón

Pectin extraction from plantain (*Musa* AAB, sub-group plantain) peel, Harton clone

R. Vasquez, L. Ruesga, R. D'addosio, G. Páez y M. Marín

Facultad de Ingenieria. Universidad del Zulia

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo la extracción y caracterización de la pectina a partir de la cáscara de plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano, clon Hartón), la cual constituye una materia prima de alta disponibilidad en el mercado nacional y que actualmente está siendo sub-aprovechada. La cáscara fue obtenida de la receptora Comercializadora Selecta ubicada en el Sur del Lago de Maracaibo. El aislamiento del material péctico se realizó mediante el método de hidrólisis ácida utilizando HCl como agente extractante. Se ensayaron dos condiciones de pH (2,0 y 3,0) durante 60 minutos a 85°C. La calidad de la pectina extraída se evaluó mediante las variables: contenido de humedad, cenizas, ácido anhidrouónico y metoxilo, tiempo de gelificación, viscosidad relativa, espectroscopía de infrarrojo y se elaboró mermelada de manzana con la pectina extraída para evaluar sus propiedades organolépticas. La extracción a pH 2,0 presentó la composición máxima en base seca (20,68% m/m) y a pH 3,0 se obtuvo la pectina de mejor calidad, cuyos contenidos de ácido anhidrouónico y metoxilo fueron de 12,72 y 2,22%, respectivamente, con un tiempo de gelificación de 9,43 minutos y mayor aceptación en la evaluación sensorial. Los resultados de la espectrometría de infrarrojo confirmaron que la pectina obtenida en ambas condiciones de pH es de bajo metoxilo. La pectina evaluada se clasifica de gelificación lenta de acuerdo al contenido de metoxilo y ácido anhidrouónico. La pectina obtenida a pH 3,0 posee características competitivas dentro de su tipo para ser destinada a industria de alimentos.

Palabras clave: plátano, pectina, hidrólisis ácida, metoxilo, ácido galacturónico.

Abstract

In this study the main objective was the extraction and characterization of pectin from plantain peel, specifically from Harton clone, which constitutes a raw material with a high availability in national market and it is not to take in advantage. Peel was obtained from Selecta processor plant located in south of Maracaibo Lake. Isolation of peptic material was accomplished through the acid hydrolysis by using HCl as extractor agent. Two pH conditions (2.0 and 3.0) were essayed during 60 minutes of heating at 85°C. Quality of the extracted pectin was determined by analysis of moisture, ash, gelling time, anhydrous-uronic acid content, methoxyl content, relative viscosity, infrared spectrometry and finally, apple marmalade was made with this pectin to analyze its sensorial properties. The maximum composition obtained was 20.68% wt/wt on dried basis from the extraction made at pH 2.0. The best quality pectin was extracted at pH 3.0 showing 12.72% of AUA content, 2.22% of methoxyl content, 9.43 minutes of gelling time and this pectin showed the better acceptance in the sensorial analysis. The infrared spectrometry confirmed that pectin obtained was low methoxyl content. Pectin evaluated is qualified as slow gelling according to the methoxyl and anhydrous-uronic acid content. Pectin obtained to pH 3.0 has competitive characteristics inside of its type to be guided to the feeding industry.

Key words: pectin, plantain, acidic hydrolysis, methoxyl, galacturonic acid.

Introducción

La pectina constituye un ingrediente muy importante en la industria de los alimentos por su capacidad de formar geles, por esta razón se emplea en la fabricación de gelatinas, helados, mermeladas y otros alimentos, manufactura de fármacos y en la elaboración de plásticos (Devia, 2003). La materia prima más común para la producción de pectina son los residuos de manzana y cítricos (Carbonell *et al.*, 1990). La pectina utilizada en la industria de alimentos y farmacéutica venezolana es importada (Camejo *et al.*, 1996), a pesar de que esta sustancia se encuentra en las frutas y vegetales producidos en el país, cuya obtención se puede realizar por distintos métodos como son hidrólisis química, enzimática, entre otros.

Introduction

Pectin constitutes a very important ingredient in the feeding industry because its capacity of forming gels, for this reason, it is used in gelatin, ice-creams, jams and other feeds fabrication, pharmacy manufacture and plastic elaboration (Devia, 2003). The more common raw material for pectin production is apple and citric residues (Carbonell *et al.*, 1990). Pectin used in Venezuelan feeding and pharmaceutical industry is import (Camejo *et al.*, 1996), despite this substance is located in fruits and vegetables produced in this country, whose obtaining it can be made by different methods like chemical and enzymatic hydrolysis, among others.

Plantain is produced in high magnitude at a national level,

El plátano es producido en gran magnitud a nivel nacional, principalmente en la zona del Sur del Lago de Maracaibo, estado Zulia, constituyendo la región de cultivo por excelencia, abasteciendo la mayor parte del mercado. La pulpa de plátano de la región zuliana es utilizada para la elaboración de una gran variedad de productos tales como tostones, bocadillos, conservas, medicamentos naturales, comidas típicas de la región, entre otros, quedando la cáscara de plátano como un residuo agroindustrial, que esta siendo destinada a la elaboración de alimento para el ganado y como materia prima para la elaboración de harina (Haddad y Borges, 1970). Sin embargo, es posible la utilización de las cáscaras de plátano como fuente para la extracción de pectina, solucionando el problema ambiental del cúmulo de material de desecho de la actividad agroindustrial de este rubro, y a la vez, incrementando el beneficio empresarial, dada la importancia económica de este subproducto vegetal para la industria alimenticia.

De este modo, el aprovechamiento de la cáscara de plátano para la obtención de pectina como alternativa rentable al creciente desarrollo agroindustrial de la industria platanera, hace necesario evaluar la cantidad y calidad de pectina presente en la cáscara de plátano, siendo éste el propósito del presente estudio.

Materiales y métodos

Materia prima

La materia prima utilizada fueron cáscaras de plátano (*Musa* AAB,

especially in the south of Maracaibo Lake, Zulia state, forming the traditional crop area, by supplying the high part of market. Plantain peel of zulian region is used for the elaboration of a high variety of products such as "tostones", "bocadillos", "conservas", natural medications, typical foods of region, among others, by resting the peel plantain like an agro industrial residue destined to feeding elaboration for cattle and like raw material for the flour elaboration (Haddad and Borges, 1970). However, it is possible the use of plantain peels like a source for the pectin extraction, solving the environmental problem of the waste material accumulation from the agro industrial activity, and at the same time, increasing the enterprise benefit, because the economical importance of this vegetable sub product for the feeding industry.

In this way, the use of plantain peel for the pectin obtaining like profitable alternative for the growing agro industrial development of plantain industry makes necessary to evaluate the quantity and quality of pectin present in the plantain peel, by being this the purpose of this research.

Materials and methods

Raw material

It was plantain (*Musa* AAB, subgroup plantain, Harton clone) peel supplied by enterprise Selecta, which comes from plants cultivated in the region of Santa Barbara, Zulia state and El Vigia, Merida state, located in south region of Maracaibo Lake.

subgrupo plátano, clon Hartón) suministrados por la empresa Comercializadora Selecta, las cuales procedían de plantas cultivadas en la región comprendida entre Santa Bárbara, estado Zulia y El Vigía, estado Mérida, ubicada en la zona sur de la cuenca del Lago de Maracaibo. Se tomaron muestras de 15 kg de concha de plátanos seleccionados según el criterio práctico para la industrialización de los mismos, es decir, en estado de madurez verde tomando sólo aquellos sanos y sin daños mecánicos durante un período de cinco días en el mes de diciembre de 2006.

Tratamiento de la materia prima

Una vez en el laboratorio, las cáscaras se lavaron con agua de chorro y posteriormente, se sometieron de nuevo a lavados sucesivos con agua destilada, con el fin de remover posibles restos de pulpa e impurezas presentes sobre la superficie. Tras el lavado, el agua excedente del material se escurrió y se procedió a triturar este material en una licuadora industrial, con el propósito de aumentar el área superficial de contacto y facilitar así el proceso de extracción de la pectina. Este material triturado se colocó en un colador para lavarlo con agua destilada y seguidamente, se transfirió a una tela de liencillo donde se presionó para extraer la mayor cantidad de agua.

Inactivación de enzimas pécticas

Con el propósito de hacer más eficiente el proceso de extracción se inactivaron las enzimas pécticas, usando la relación de un litro de agua por cada 300 g de la concha de plá-

Samples of 15 kg of plantain peel were taken according the practical criterion for its industrialization, it means, in green maturity state by only taking those healthy fruits and without mechanical damages during a period of five days in December, 2006.

Raw material treatment

Once at laboratory, peels were washed with run water and after, they were again successive washes with distilled water, with the purpose of removing possible pulp and impurity residues present on surface. After that, the surplus water of material was drained and this material was grinded in an industrial blender with the purpose of increasing the surface contact area and facilitates the pectin extraction process. This grinded material was placed in a strainer for being washed with distilled water and be moved to cheese cloth in where was pressured for extracting the higher water quantity.

Pectic enzymes inactivation

With the purpose of making efficient the extraction process, the pectic enzymes was inactivated, by using the relationship of a liter of water by each 300 g of the grinded plantain peel, after, this mixing was heated at temperatures between 95-98°C during 15 minutes. The inactive enzymes were pectinesterases responsible for hydrolysis of methyl ester groups that induce the methanol formation and pectins of low methoxyl; likewise, polygalacturonase that break the glucosidicos links between the poly galacturonic, without polymerize the chain into shorter fractions until reach to monomer of the poly galacturonic acid

no triturada, luego se procedió a calentar esta mezcla a 95-98°C durante 15 minutos. Las enzimas inactivadas fueron las pectinesterasas responsables de la hidrólisis de grupos éster metílicos que inducen la formación de metanol y por ende pectinas de menor metoxilo; así como, las poligalacturonasas que rompen los enlaces glucosídicos entre las moléculas poligalacturónicas, despolimerizando la cadena a fracciones más cortas hasta llegar al monómero del ácido poligalacturónico (Carbonell *et al.*, 1990). Transcurrido este tiempo, la mezcla se filtró y lavó con agua destilada hasta detectar en el agua de desecho cero sólidos solubles totales (°Brix), medidos con un refractómetro marca Bausch & Lomb modelo Abbe 3L. El exceso de agua en el material se extrajo presionando en una tela de liencillo y luego se sometió a un proceso de secado a 60°C hasta alcanzar peso constante, inmediatamente se procedió a pulverizar y envasar herméticamente la cáscara seca (Devia, 2003).

Hidrólisis ácida

A 50 g del material parcialmente seco y pulverizado se le agregó agua destilada hasta completar un litro de solución. La mezcla se agitó constantemente y se añadió HCl hasta ajustar el pH a (2,0 y 3,0). Posteriormente, la mezcla se sometió a calentamiento durante 60 minutos a 85°C v/v con agitación constante para evitar que el material sólido precipitara. Luego, la mezcla se filtró usando tela de liencillo, presionando suavemente para separar el material sólido del líquido, la fracción líquida se enfrió rápidamente por debajo de 25°C para

(Carbonell *et al.*, 1990). After this time, mixing was filtered and washed with distilled water until detect in waste water zero total soluble solids (°Brix), measured with a refractometer mark Bausch & Lomb model Abbe 3L. Water excess in material was extracted by pressuring in a cheese cloth and after it was dried at 60°C until reaching a constant weight, immediately was pulverized and bottled in a hermetically the dry peel (Devia, 2003).

Acid hydrolysis

To 50 g of material partially dried and pulverized it was added distilled water until makes complete a liter of solution. Mixing was constantly agitated and HCl was added until adjusting pH (2.0 and 3.0). Subsequently, mixing was heated during 60 minutes at 85°C with constant agitation for avoiding precipitation of the solid material. After that, mixing was filtered by using cheese cloth and slightly pressuring for separating the solid material for liquid one; the liquid fraction was quickly cold below 25°C for minimize thermic degradation of pectin and was centrifuged in cover tubes during 10 minutes at 3.000 rpm. To the supernatant ethanol at 95% was added by slow and constant agitation, mixing was leave on rest during 30 minutes. Pectin was separated from solution by filtration with cheese cloth and was washed in a recipient with two volume of ethanol at 50% v/v. Pectin was extended in a glass capsule for its dry in an oven at 40°C until constant weight The obtained pectin partially dry was grinded, pulverized and bottled for its

minimizar la degradación térmica de la pectina y se centrifugó en tubos cubiertos durante 10 minutos a 3.000 r.p.m. Al sobrenadante se le adicionó etanol al 95% mediante agitación lenta y constante, la mezcla se dejó reposar durante 30 minutos. La pectina se separó de la solución mediante filtración con tela de liencillo y se lavó en un recipiente con dos volúmenes de etanol al 50% v/v. Luego, la pectina se extendió en capsula de vidrio para su secado en estufa a 40°C hasta peso constante. La pectina obtenida parcialmente seca se trituró, pulverizó y envasó para su almacenamiento en lugar libre de humedad (Normah y Hasnah, 2000).

Caracterización de la pectina cruda

La calidad de la pectina se determinó mediante los parámetros: contenido de humedad (Hart y Fisher, 1984), cenizas (Hart y Fisher, 1984), metoxilo (Royo, 1980), ácido anhidrouónico (McCready y Owens, 1952), tiempo de gelificación (Foda *et al.*, 1983), viscosidad relativa (Foda *et al.*, 1983), espectros de infrarrojo en un equipo marca Perkin-Elmer modelo 1600 serie 1605 (Monsoor *et al.*, 2001) y análisis sensorial de la mermelada con sabor a manzana elaborada con la pectina extraída de la concha de plátano, evaluada mediante una escala hedónica con un panel de 15 personas y una muestra por prueba (Guzmán *et al.*, 1977; Ott, 1992).

Análisis estadístico

El diseño experimental usado fue completamente aleatorizado con dos tratamientos (pH de extracción 2,0 y 3,0) con tres repeticiones y dos

storage in a place free moisture place (Normah y Hasnah, 2000).

Crude pectin characterization

Pectin quality was determined by the following parameters moisture content (Hart and Fisher, 1984), ashes (Hart and Fisher, 1984), methoxyl (Royo, 1980), anhydrous-uronic acid (McCready and Owens, 1952), gelling time (Foda *et al.*, 1983), relative viscosity (Foda *et al.*, 1983), infrared spectrum in an equipment mark Perkin-Elmer model 1600 serial 1605 (Monsoor *et al.*, 2001) and sensorial analysis of jam with apple taste made from pectin extracted from plantain peel, evaluated by an hedonic scale with a panel of 15 people and a sample by test (Guzmán *et al.*, 1977; Ott, 1992).

Statistical analysis

The experimental design used was a split plot with two treatments (pH extraction 2.0 and 3.0) with three replications and two samples by replication like experimental unit. The analysis of variance was accomplished by the Statistical Analysis System (SAS) program (1985). Means were compared by using the Tukey method ($P < 0.05$).

Results and discussion

Pectin yield

Pectin extraction proportion from green plantain fruits peel is shown in table 1. It could be noticed an increase on yield with the pH decrease, by being observed the higher value on pH 2.0 con 20.68%. The Tukey mean test showed that this difference in yield was significant

muestras por repetición como unidad experimental. El análisis de varianza se realizó mediante el Programa Sistema de Análisis Estadístico SAS (1985). Las medias se compararon utilizando el método de Tukey ($P < 0,05$).

Resultados y discusiones

Rendimiento de pectina

La proporción de pectina extraída de la cáscara de frutos de plátano verde se presenta en el cuadro 1. Puede notarse un incremento del rendimiento con la disminución del pH, observándose el valor más alto a pH 2,0 con 20,68%. La prueba de medias por Tukey indicó que esta diferencia en el rendimiento fue significativa ($P < 0,05$). Los resultados indican que las condiciones de extracción evaluadas afectaron el rendimiento de la pectina extraída de la cáscara de plátano verde. Los valores obtenidos de este parámetro son inferiores al señalado por Von Loesecke (1949) con 25,79% en bananos y superiores a los indicados por Camejo *et al.*, (1996), Corona *et al.*, (1996) y D'Addosio *et al.*, (2005) con 20,54% en limones,

($P < 0,05$). Results shows that extraction conditions evaluated affected yield of pectin extracted from green plantain peel. Values obtained of this parameter are inferior to that reported by Von Loesecke (1949) with 25.79% in bananas and superior to those reported by Camejo *et al.*, (1996), Corona *et al.* (1996) and D'Addosio *et al.* (2005) con 20.54% in lemons, 17.4% and 18.45% in passion fruit peel, respectively.

Increase on yield with pH decrease could be related to the extraction of different bio molecules existent in peel such as starch, hemicelluloses, cellulose, among others, during the hydrolysis process.

Moisture content

The extracted pectin moisture content is showed in table 2. The analysis of variance did not show statistical differences for this variable among treatments evaluated, it means, pH of extraction did not affect the water proportion in pectin extracted. Values obtained (10.62 ± 1.71 and 11.04 ± 2.10 for pH 2.0 and 3.0, respectively) are comparable to those reported by Corona *et al.* (1996) and D'Addosio *et al.* (2005) with

Cuadro 1. Rendimiento de pectina extraída de la concha de plátan.

Table 1. Pectin yield extracted of plantain peel.

Variable	pH	
	2,0	3,0
Rendimiento (%)	20,68 ^a ±3,32	7,65 ^c ±1,41

X±D.E. $\alpha=0,01$ Medias con superíndices diferentes difieren significativamente

17,4% y 18,45% en corteza de parchita, respectivamente.

El incremento en el rendimiento con el descenso del pH del medio podría estar asociado a la extracción de diferentes biomoléculas existentes en la cáscara tales como almidón, hemicelulosa, celulosa, entre otros, durante el proceso de hidrólisis.

Contenido de humedad

El contenido de humedad de la pectina extraída se muestra en el cuadro 2. El análisis de varianza no arrojó diferencias estadísticas para esta variable entre los tratamientos evaluados, es decir, el pH de extracción no afectó la proporción de agua presente en la pectina extraída. Los valores obtenidos (10,62±1,71 y 11,04±2,10 para pH 2,0 y 3,0, respectivamente) son comparables a los reportados por Corona *et al.*, (1996) y D’Addosio *et al.*, (2005) con 11,82 y 11,09% en corteza de parchita, respectivamente. Asimismo, estos valores se encuentran en el rango aceptado en el comercio.

Contenido de cenizas

El contenido de cenizas de la pectina extraída se presenta en el cua-

11.82 and 11.09% in passion fruit peel, respectively. Likewise, these values are inside the interval accepted in commerce.

Ashes content

The extracted pectin ashes content is shown in table 2. The analysis of variance did not show statistical differences for this variable between treatments evaluated, it means, pH of extraction medium did not affect the mineral quantity present in pectin extracted. Values obtained (0.57±0.24 and 0.54±0.20 for pH 2.0 and 3.0, respectively) are inferior to those compared by Normah and Hasnah (2000), Von Loesecke (1949), Corona *et al.* (1996) and D’Addosio *et al.* (2005) with 3.40 in kiwi; 2.23 in bananas; 2.04 and 3.02% in passion fruit peel, respectively. These values also are inferior to those showed by the commercial pectin MERCK (3.99%).

Methoxyl content

Methoxyl content in pectin extracted from plantain fruits peel under two conditions of pH is shown

Cuadro 2. Humedad y cenizas de la pectina extraída de la concha de plátano.

Table 2. Humedad y cenizas de la pectina extraída de la concha de plátano.

Variable	pH	
	2,0	3,0
Humedad (%)	10,62 ^a ±1,71	11,04 ^a ±2,10
Cenizas (%)	0,57 ^a ±0,24	0,54 ^a ±0,20

X±D.E. α=0,05 Medias con superíndices iguales no difieren significativamente

dro 2. El análisis de varianza no arrojó diferencias estadísticas para esta variable entre los tratamientos evaluados, es decir, el pH del medio de extracción no afectó la cantidad de minerales presente en la pectina extraída. Los valores obtenidos ($0,57 \pm 0,24$ y $0,54 \pm 0,20$ para pH 2,0 y 3,0, respectivamente) son inferiores al compararlos a los reportados por Normah y Hasnah (2000), Von Loesecke (1949), Corona *et al.*, (1996) y D'Addosio *et al.*, (2005) con 3,40 en kiwi; 2,23 en bananos; 2,04 y 3,02% en corteza de parchita, respectivamente. Asimismo, estos valores también son inferiores a los arrojados por la pectina comercial MERCK (3,99%).

Contenido de metoxilo

El contenido de metoxilo en la pectina extraída de la cáscara de frutos de plátano bajo dos condiciones de pH se presenta en el cuadro 3. Se observa que el contenido de metoxilo disminuye con el descenso del pH mostrando a pH 2,0 el valor de 1,47%, el cual es 66% menor comparado con el valor arrojado a pH 3,0. La prueba

en table 3. It is observed that methoxyl content decreases with the pH decreases by showing at pH 2.0 value of 1.47%, which is 66% lower in comparison to the value showed at pH 3.0. The Tukey mean test showed that this difference in methoxyl content was significant ($P < 0.05$). Results shows that pH of extraction affected the methoxyl content of pectin extracted. Value obtained in this quality parameter at pH 3.0 ($2.22 \pm 0.43\%$) is superior to those reported by Von Loesecke (1949) with 1,2% in bananas and inferior to those showed by Normah and Hasnah (2000), Corona *et al.* (1996), Camejo *et al.* (1996), D'Addosio *et al.* (2005) with 9.36 in kiwi, 10.97 and 9.90% in passion fruit peel, respectively.

Methoxylation index found in this research is considered as low (Guzmán *et al.*, 1977), which could be related to chemical composition of fruit evaluated and to the effect of the extractant agent that possibly induces breaking of the methyl ester and as a consequence, causes a diminishing on

Cuadro 3. Contenido de metoxilo, ácido galacturónico y grado de esterificación de la pectina extraída de la concha de plátano.

Table 3. Content of methoxyl and galacturonic acid and etherifying degree of pectin extracted from plantain peel.

Variable	pH	
	2,0	3,0
Metoxilo (%)	1,47 ^a ±0,16	2,22 ^b ±0,43
Ácido Galacturónico (%)	7,87 ^a ±2,19	12,72 ^c ±2,06

X±D.E. $\alpha=0,05$ Medias con superíndices diferentes difieren significativamente

de medias por Tukey indicó que esta diferencia en el contenido de metoxilo fue significativa ($P < 0,05$). Los resultados indican que el pH de extracción afectó el contenido de metoxilo de la pectina extraída. El valor obtenido de este parámetro de calidad a pH 3,0 ($2,22 \pm 0,43\%$) es superior al señalado por Von Loesecke (1949) con 1,2% en bananos e inferior a los indicados por Normah y Hasnah (2000), Corona *et al.*, (1996), Camejo *et al.*, (1996), D'Addosio *et al.*, (2005) con 9,36 en kiwi, 10,97 y 9,90% en corteza de parchita, respectivamente.

El índice de metoxilación encontrado en este estudio se considera bajo (Guzmán, *et al.*, 1977), el cual podría estar relacionado a la composición química del fruto evaluado y al efecto del agente extractante que posiblemente induce el rompimiento de los ésteres metílicos y en consecuencia, causa una disminución del contenido de metoxilo (Haikel *et al.*, 2006; Haikel *et al.*, 2007).

Contenido de ácido anhidrouónico

El contenido de ácido anhidrouónico en la pectina extraída en el presente estudio se presenta en el cuadro 3. La cantidad de ácido anhidrouónico es 62% menor a pH 2,0 en comparación con el pH 3,0; debido probablemente a la menor acción despolimerizante que causa la disminución de la concentración de iones $[H^+]$. La prueba de medias por Tukey indicó que la diferencia en el contenido de ácido anhidrouónico fue significativa ($P < 0,05$). Por lo tanto, estos resultados reflejan la influencia del pH de las condiciones de extracción sobre el contenido de ácido

methoxyl content (Haikel *et al.*, 2006; Haikel *et al.*, 2007).

Anhydrous-uronic acid content

Content of anhydrous-uronic acid in pectin extracted in this research is shown in table 3. Anhydrous-uronic acid content is 62% inferior to pH 2,0 in comparison with pH 3,0; due to the little despolimerizante action that cause the decrease of hydrogen ions concentration $[H^+]$. The Tukey mean test showed significant differences ($P < 0.05$) in the anhydrous-uronic acid content. Therefore, this result shows the pH influence of extraction conditions on the anhydrous-uronic acid content of pectic extracted from green plantain peel. Value obtained at pH 3.0 ($12.72 \pm 2.06\%$) is superior to those reported by Von Loesecke (1949) with 10.19% in bananas and inferior to those reported by Camejo *et al.* (1996), Corona *et al.* (1996), D'Addosio *et al.* (2005) with 52.83 in lemons; 71.65 and 78.00% in passion fruit peel, respectively.

Values obtained in both treatments (7.87 ± 2.19 to pH 2.0 and 12.72 ± 2.06) were considered as lows. These little percentages of anhydrous-uronic acid contents obtained in this research could be caused by interferences for presence of impurities such as neutral sugars associated: latex, tannins, gums and other compounds presents in the structure of plantain peel that could be hydrolyzed besides of the extracted pectin (Jittra *et al.*, 2005).

Gelling and relative viscosity time

In table 4 it is shown the results

anhidrouónico de la pectina extraída de la cáscara de plátano verde. El valor obtenido a pH 3,0 ($12,72 \pm 2,06\%$) es superior al señalado por Von Loesecke (1949) con 10,19% en bananos e inferior a los indicados por Camejo *et al.*, (1996), Corona *et al.*, (1996), D'Addosio *et al.*, (2005) con 52,83 en limones; 71,65 y 78,00% en corteza de parchita, respectivamente.

Los valores obtenidos en ambos tratamientos ($7,87 \pm 2,19$ a pH 2,0 y $12,72 \pm 2,06$) se consideran bajos. Estos bajos porcentajes de ácido anhidrouónico obtenidos en este estudio podría deberse a interferencias por la presencia de impurezas tales como azúcares neutros asociados, látex, taninos, gomas y demás compuestos presentes en la estructura de la cáscara de plátano que pudieron ser hidrolizados junto a la pectina extraída (Jittra *et al.*, 2005).

Tiempo de gelificación y viscosidad relativa

En el cuadro 4 se presenta los resultados del tiempo de gelificación y la viscosidad relativa de la pectina extraída de la cáscara de plátano bajo

of gelling time and relative viscosity of pectin extracted from plantain under two pH conditions. Gelling time is 7.47 higher in pH 2.0 in comparison to pH 3.0. Tukey mean test showed that difference in gelling time was significant ($P < 0.05$). Therefore, these results reflect the influence of extraction pH on the gelling time of pectin extracted from green plantain peel. Values obtained in both work pH (table 4) are superiors to those reported by D'Addosio *et al.*, (2005) with 3.08 minutes for pectin extracted from passion fruit peel. These results permit to infer the existence of an important fraction of impurities that would interfere with gelling process. Respect to the pectin viscosity, the analysis of variance did not detect statistical differences between the evaluated treatments. Values fluctuated from 1.37 ± 0.14 to pH 2.0 to $1.45 \pm 0.17\%$ to pH 3.0. However, behavior is opposite to tendency observed in gelling time, because the better gelling properties were present with pectin extracted from pH 3.0 despite the higher yield is obtained to

Cuadro 4. Tiempo de gelificación y viscosidad relativa de la pectina extraída de la concha de plátano.

Table 4. Gelling time and relative viscosity of pectin extracted from plantain peel.

Variable	pH	
	2,0	3,0
Tiempo de Gelificación (min)	$13,86^a \pm 4,73$	$9,43^b \pm 3,31$
Viscosidad (%)	$1,37^a \pm 0,14^*$	$1,45^a \pm 0,17$

X \pm D.E. $\alpha=0,05$ Medias con superíndices diferentes difieren significativamente.

dos condiciones de pH. El tiempo de gelificación es 1,47 mayor con pH 2,0 que a pH 3,0. La prueba de medias por Tukey indicó que la diferencia en el tiempo de gelificación fue significativa ($P < 0,05$). Por lo tanto, estos resultados reflejan la influencia del pH de extracción sobre el tiempo de gelificación de la pectina extraída de la cáscara de plátano verde. Los valores obtenidos en ambos pH de trabajo (cuadro 4) son superiores al señalado por D'Addosio *et al.*, (2005) con 3:08 minutos para pectina extraída de la cáscara de parchita. Estos resultados permiten inferir la existencia de una fracción importante de impurezas que interferirían con el proceso de gelificación. Respecto a la viscosidad de la pectina, el análisis de varianza no detectó diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. Los valores fluctuaron de $1,37 \pm 0,14$ a pH 2,0 a $1,45 \pm 0,17$ a pH 3,0. Sin embargo, el comportamiento es contrario a la tendencia observada en el tiempo de gelificación, ya que las mejores propiedades gelificantes se presentaron con la pectina extraída a pH 3,0 a pesar de que el mayor rendimiento se obtiene a pH 2,0. Este comportamiento pudiera estar asociado a un menor efecto hidrolizante sobre la molécula durante el proceso de extracción, que se traduciría en un menor desprendimiento de grupos metoxilos y una menor ruptura de la cadena reflejado en el contenido de ácido anhídrouónico y el valor de viscosidad, conservando así el poder gelificante (Foda *et al.*, 1983).

Espectroscopía de infrarrojo

En las figuras 1 y 2 se presentan los espectros de infrarrojo (IR)

pH 2.0. This behavior could be related to a lower hydrolyze effect on the molecule during the extraction process, which be interpreted in a little detachment of methoxyl groups and a little breaking of chain reflected in content of anhydrous-uronic acid and viscosity value by preserving the gelling power (Foda *et al.*, 1983).

Infra red spectroscopy

In figures 1 and 2 are showed the infrared spectrum (IR) obtained for commercial pectin MERCK and pectin extracted to pH 3.0 of peel partially dry of green plantain. When comparing both spectrums the different existent between pectin studied and those commercial is appreciated, specifically in region that corresponds to the free carboxyl groups (COO^-) and esterifies (COOR) placed between bands of 1650 and 1750 cm^{-1} , respectively. The absence of a pronounced enlargement in esterifies carboxyl groups (1750 cm^{-1}) place this pectin like of low methoxyl, which corroborates the results obtained in determination of methoxyl content (Monsoor *et al.*, 2001).

Sensorial analysis of jam with apple taste

In table 5 is shown the result of sensorial analysis of marmalade made with pectin obtained in this study. The analysis of variance did not detect statistical differences for the variables color, light, aroma, taste, sweetness, adherence and acceptability, whereas firmness Tukey mean test showed differences ($P < 0.05$), being more firm the marmalade prepared with pectin obtained to pH 3.0. These results confirm those previously referred about the better gelling properties

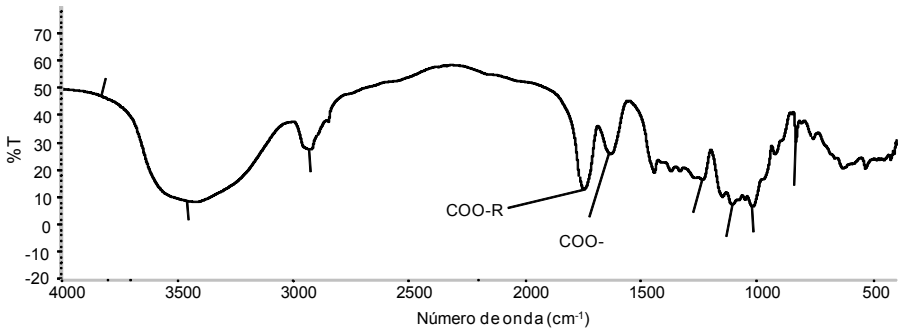


Figura 1. Espectro infrarrojo de pectina comercial de manzana.

Figure 1. Infra red spectrum of apple commercial pectin.

obtenidos para la pectina comercial MERCK y la pectina extraída a pH 3,0 de cáscara parcialmente seca de plátano verde. Al comparar ambos espectros se aprecia la diferencia existente entre la pectina de estudio y la comercial, específicamente en la región que corresponde a los grupos carboxilos libres (COO^-) y esterificados (COOR) ubicados entre

observed with pectin extracted to pH 3.0.

Conclusions

It is possible to obtain pectin with good gelling properties from green plantain peel with a yield of $7.65 \pm 1.41\%$, by extraction in acid medium at pH 3.0; at a temperature

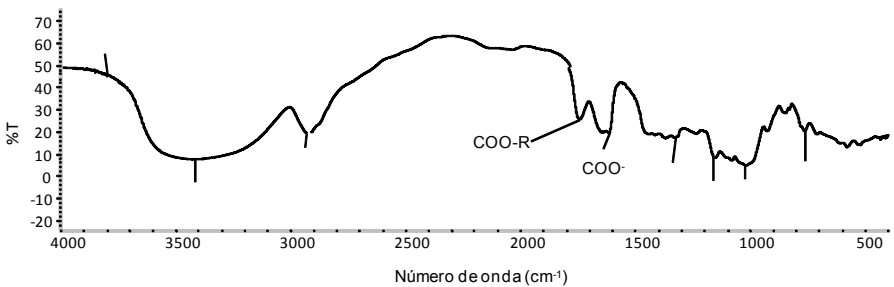


Figura 2. Espectro infrarrojo de pectina extraída de la concha de plátano a pH 3,0.

Figure 2. Infra red spectrum of pectin extracted from plantain pee to pH 3.0.

las bandas de 1650 y 1750 cm^{-1} , respectivamente. La ausencia de un alargamiento pronunciado en los grupos carboxílicos esterificados (1750 cm^{-1}) ubica esta pectina como de bajo metoxilo, lo cual corrobora los resultados obtenidos en la determinación del contenido de metoxilo (Monsoor *et al.*, 2001).

Análisis sensorial de la mermelada con sabor a manzana

En el cuadro 5 se presenta el resultado del análisis sensorial de la mermelada elaborada con la pectina obtenida en el estudio. El análisis de varianza no detectó diferencias estadísticas para las variables color, claridad, aroma, sabor, dulzor, adhesividad y aceptabilidad, mientras que para la firmeza la prueba de medias por Tukey arrojó diferencias ($P < 0,05$), siendo mas firme la mermelada preparada con la pectina obtenida a pH 3,0. Estos resultados confir-

of 85°C and a hydrolysis time of 60 minutes.

Pectin evaluated is classified as slow gelling according to methoxyl and anhydrous-uronic acid content.

Pectin obtained in this research has competitive characteristics inside of its type for being guided to the feeding industry.

End of english version

man lo referido anteriormente sobre las mejores propiedades gelificantes observadas con la pectina extraída a pH 3,0.

Conclusiones

Es posible obtener pectina con buenas propiedades gelificantes a partir de cáscara de plátano verde con un

Cuadro 5. Resultados del análisis sensorial de la mermelada con sabor a manzana.

Table 5. Results of sensorial analysis of jam with apple taste.

Variable	pH	
	2,0	3,0
Color	4,20 ^a ±0,92	4,30 ^a ±0,48
Claridad	3,40 ^a ±1,35	3,70 ^a ±1,25
Aroma	3,80 ^a ±0,79	4,00 ^a ±0,82
Sabor	4,20 ^a ±0,79	4,40 ^a ±0,70
Dulzor	3,90 ^a ±0,57	4,10 ^a ±0,57
Adhesividad	1,30 ^a ±0,95	1,50 ^a ±1,27
Firmeza	3,40 ^a ±1,17	4,00 ^b ±0,82
Aceptabilidad	3,90 ^a ±0,88	4,30 ^a ±0,48

X±D.E. $\alpha=0,05$ Medias con superíndices iguales no difieren significativamente.

rendimiento de 7,65±1,41%, mediante extracción en medio ácido a pH 3,0; a una temperatura de 85°C y un tiempo de hidrólisis de 60 minutos.

La pectina evaluada se clasifica de gelificación lenta de acuerdo al contenido de metoxilo y ácido anhidroutrónico.

La pectina obtenida en el estudio posee características competitivas dentro de su tipo para ser destinada en la industria de alimentos.

Literatura citada

- Camejo, C., A. Ferrer, B. de Ferrer, J. Peña y M. Cedeño. 1996. Extracción y caracterización de pectina en limones injertados de la región zuliana. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 13(5):641-645.
- Carbonell, E., E. Costell y L. Durán. 1990. Determinación del Contenido de Pectinas en Productos Vegetales. *Rev. Agroquím. Tecnol. Alim.* 30(1):1-9.
- Corona, M., A. Díaz, G. Páez, J. Ferrer, Z. Mármol y E. Ramones. 1996. Extracción y caracterización de pectina de la corteza de parchita. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 13(6):785-791.
- D'Addosio, R., G. Páez, M. Marín, Z. Mármol y J. Ferrer. 2005. Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita (*Passiflora edulis f. Flavicarpa Degener*). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 22(3):241-251.
- Devia, J. 2003. Proceso para producir pectinas cítricas. *Rev. Universidad EAFIT. Colombia*. 129(39):21-29.
- Foda, Y., A. Abd y A. Ahmed. 1983. Rheological characteristics of pectin and sodium carboxymethyl cellulose. *Food eng.* 35(4):133-139.
- Guzmán, R., A. Suárez y C. Castro. 1977. Determinación del contenido de pectina en el mango y su aplicación en la elaboración de mermelada. *Boletín informativo de la Universidad de Bogotá. Colombia*.
- Haddad, O. y F. Borges. 1970. Identificación de clones de bananos (cambures y plátanos) en Venezuela. *Agronomía tropical*. 21(4):277-286.
- Haikel, G., N. Mabon, K. Nott, B. Wathelet y M. Paquot. 2006. Kinetic of the hydrolysis of pectin galacturonic acid chains and quantification by ionic chromatography. *Food Chem.* 96(3):477-484
- Haikel, G., N. Mabon, R. Christelle y Ch. Cornet. 2007. Effect of extraction conditions on the yield and purity of apple pomace pectin precipitated but not washed by alcohol. *Food Scie.* 72(1): C001-C009
- Hart, F. y H. Fisher. 1984. Análisis moderno de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 212 p.
- Jittra, S., N. Suwayd, S. Cui y D. Goff. 2005. Extraction and physicochemical characterization of krueo Ma Noy pectin. *Food hyd.* 19(5):793-801.
- Monsoor, M., U. Kalapathy y A. Proctor. 2001. Determination of polygalacturonic acid content in pectin extracts by diffuse reflectance Fourier transform infrared spectroscopy. *Food chem.* 12(6):389-396.
- Normah, O. y K. Hasnah. 2000. Pectin content of select local fruits by products. *J. of trop. Agric. and food sci.* 28 (2):195-201.
- McCready, R. y H. Owens. 1952. Methods used at Western Regional Research Laboratory for extractions and analysis of pectin materials. *Anal. chem.* 24(2):54-59.
- Ott, D. 1992. Manual de laboratorio de ciencia de los alimentos. Traducido por Concepción Díaz y Alvaro Rodríguez S. A. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 50 p.

Royo, J. 1980. Preparación de corteza seca de mandarina para la obtención de pectina a partir de variedades cultivadas en España. Rev. Agroquím. Tecnol. Alim. 20(3):399-402.

Von Loesecke, H. 1949. Bananas: chemistry, physiology, technology. Interscience publishers. New Cork. USA. 120 p.

SAS Institute, Inc. 1985. SAS user's guide: Statistics. 5th edition. Cary, NC.