

Efecto del grado de madurez sobre las propiedades fisicoquímicas de pectinas extraídas de cascos de guayaba (*Psidium guajava* L.)

Effect of degree of maturity on the physical and chemical properties of helmets pectins from guava (Psidium guajava L.)

Jorge Paredes^{1*}, Roxana Hernández¹, Adolfo Cañizares²

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del grado de madurez sobre el contenido de pectinas de cascos de guayaba (*Psidium guajava* L.). Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos (estados de madurez) y cuatro repeticiones. Se estudiaron los parámetros fisicoquímicos (pH, contenido de ceniza, porcentaje de grado de esterificación, contenido de metoxilos, contenido de ácido galacturónico anhidro, masa equivalente y fuerza de gel). Los análisis fueron realizados por triplicados con excepción de la fuerza de gel que se efectuó por quintuplicado. Los datos obtenidos fueron analizados mediante un ANAVA, donde hubo diferencias significativas se aplicó una prueba de mínima diferencia significativa (MDS) al 5%, aplicando el paquete estadístico SAS 2004. La pectina extraída presentó un rendimiento de 5,49% para las guayabas verdes, 5,24% para las pintonas, y de 4,77% para las maduras. Las características de la pectina extraída de los cascos de guayabas presentaron diferencias en todos los parámetros cuantitativos analizados, excepto en el contenido de cenizas. Las características fisicoquímicas de las pectinas de guayabas en estado verde, pintón y maduro fueron: pH 4,16, 4,11 y 4,01, contenido de ceniza 1,40%, 1,69% y 1,80%, grado de esterificación 88,58%, 80,53%, y 64,60%, contenido de metoxilos 2,53%, 1,64% y 0,83%, contenido de ácido galacturónico 16,15%, 11,58% y 7,27%, masa equivalente 9807,16 meq/mg, 7920,07 meq/mg y 6914,76 meq/mg y fuerza de gel 0,414 N, 0,149 N y 0,050 N, respectivamente. Todos los parámetros obtuvieron un descenso progresivo de sus valores debido al proceso fisiológico del fruto.

Palabras clave: Pectina, guayaba, estado de madurez, *Psidium guajava*.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of maturity on pectin content of guava shells (Psidium guajava L.) growing red supreme Cuban. This was a completely randomized design of three levels (growth stages of maturity) and four replicates. The dependent variables are the physical and chemical parameters (pH, ash content, percentage of degree of esterification, methoxyl content, content galacturonic acid anhydrous equivalent mass and gel strength). Analyses were performed by triplicate except that gel strength was performed in quintuplicate. The data were analyzed by ANOVA, where significant differences applied a least significant difference test (MDS) at 5%, using the statistical package SAS 2004. The pectin extracted presented a performance of 5.49% for green guavas, 5.24% for pintonas, and 4.77% for mature. The characteristics of the pectin extracted guavas hulls differed in all analyzed quantitative parameters except the ash content. The physicochemical characteristics of pectins state guava green and mature pintón were: pH 4.16, 4.11 and 4.01, ash content 1.40%, 1.69% and 1.80%, degree of esterification 88.58%, 80.53% and 64.60% methoxyl content of 2.53%, 1.64% and 0.83%, galacturonic acid content of 16.15%, 11.58% and 7.27% 9807.16 equivalent mass meq/mg, 7920.07 meq/mg and 6914.76 meq/mg and gel strength of 0.414 N, 0.149 N and 0.050 N, respectively. All parameters were a progressive decline in their values due to the physiological process of the fruit.

Key words: Pectin, guava, maturity, *Psidium guajava*.

Introducción

La guayaba (*Psidium guajava* L.) es de origen amazónico, perteneciente a la familia de las Mirtáceas.

De cáscara verde, amarillo o rojizo; pulpa de color rojo, rosado, amarillo o blanco, de gran digestibilidad, palatabilidad, sabor agradable y valor nutritivo, que varía en función de la variedad o cultivar.

¹ Departamento Tecnología de Alimentos, Escuela de Zootecnia, Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, Avenida Universidad, Maturín, Estado Monagas, Venezuela.

² Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). San Agustín de la Pica, Vía Laguna Grande, Maturín, Estado Monagas, Venezuela.

* Autor para correspondencia: acanizares@inia.gob.ve

Los resultados obtenidos en relación con la composición nutricional del fruto de guayaba, demuestran que tiene alto contenido de vitamina C, azúcares, minerales, sólidos solubles y un alto contenido de fibra dietética, alrededor de un 48,55-49,42%, del que un 5 a 8% son pectinas. Debido a estas bondades presentan una gran demanda para el procesamiento industrial (Gow-Chin y Tuzz-Ying, 1998; Chacín *et al.*, 2010).

Las pectinas son constituyentes de la pared celular de los vegetales y forman parte importante de los componentes característicos de los frutos cítricos. Estas macromoléculas son polisacáridos altamente hidrofílicos que pueden absorber agua, incluso más de su propio peso. En las guayabas, en la medida en que el proceso de maduración va avanzando su contenido en pectinas de alto metoxilo disminuye como consecuencia de la enzima protopectinasa, la que desdobra las moléculas de pectinas convirtiéndolas en monómeros de ácido galacturónico, impartiendo así al fruto un ablandamiento típico de dicho proceso y, por lo tanto, una disminución en su metoxilación, generando condiciones no deseables para la industria.

Este polisacárido es de gran interés para la industria de alimentos, ya que se utiliza como aditivo, por sus propiedades espesantes y gelificantes en productos como gelatinas, mermeladas y conservas vegetales. Actualmente, se importa toda la pectina que se utiliza en la industria de alimentos venezolana, por lo que la extracción de pectina de la guayaba pudiera ser una alternativa para disminuir la dependencia. Cabe destacar que este componente juega un papel fundamental en el procesamiento de los alimentos como fuente de fibra dietética.

Materiales y Métodos

Selección de la materia prima

La materia prima que se utilizó fue un lote de aproximadamente 60 kg de guayaba cultivar Cubana Suprema Roja, la que fue cosechada directamente de la finca "Los Samanes", ubicada en la población de Caicara de Maturín, municipio Cedeno, estado Monagas, las que se seleccionaron con un diámetro ecuatorial de 7 ± 1 cm, este lote fue dividido en tres grupos de 20 kg cada uno en tres estados de madurez: verde, verde más amarillo y maduro (completamente amarillo).

Posteriormente fueron trasladados hasta el laboratorio de Poscosecha, adscrito al Instituto

Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) para su acondicionamiento y procesamiento. Se colocaron 10 kg de fruto en seis bandejas de aluminio, divididas a su vez en dos lotes de 5 kg para las repeticiones (aproximadamente 20 guayabas de 250 ± 10 g).

Preparación del polvo seco de guayaba

Las guayabas previamente pesadas y seleccionadas se cortaron de manera longitudinal por la parte polar, para así obtener dos piezas (cascos), a las que por medio de una cucharilla se les retiró las semillas y parte de la pulpa, posteriormente se cortaron tiras de un espesor de tres mm aproximadamente, para luego ser sometidos a deshidratación a 50 °C por 24 horas en una estufa convencional (marca BINDER modelo serie BD/ED/FD, Alemania) hasta alcanzar una humedad aproximada de 12%. Los cascos secos se molieron en un molino de martillo (marca THOMAS-WILLEY Modelo 4, Ucrania) contenido de un tamiz de acero inoxidable con paso de 1 mm para facilitar la operación de extracción.

Extracción de pectina a partir de polvo seco de guayaba

En una balanza analítica (marca Citizen modelo CX-301, Alemania) se pesaron 50 g de polvo seco de guayaba y se agregaron a un matraz Erlenmeyer de 1000 ml con 600 ml agua acidulada con ácido clorhídrico (HCl) 0,5% V/V . El matraz se colocó en una plancha de calentamiento (marca Nouva modelo SP18425, Brasil) con la ayuda de un agitador magnético, durante 60 minutos a temperatura de 90 a 95 °C. Luego se filtró y prensó sobre tela de liencillo para posteriormente precipitar la solución péctica con la adición de 200 ml de una solución de etanol al 95% V/V , formándose coágulos gelatinosos de coloración roja cremosa. Luego, una vez lavada, filtrada y prensada la pectina obtenida, se secó en una estufa convencional (marca MERMMET modelo U-30, Alemania) a 50 °C hasta una humedad aproximada de 12% (FCC, 1996).

Análisis de la pectina extraída del polvo seco de cascotes de guayaba

La calidad fisicoquímica de la pectina extraída se estimó mediante el rendimiento (D'Addosio *et al.*, 2005), pH (Estrada, 1998), contenido de cenizas

(Matissek *et al.*, 1998), grado de esterificación (Schultz, 1965), contenido de metoxilos (Ferreira, 1995), contenido de ácido galacturónico (Schultz, 1965), masa equivalente (Less, 1984), fuerza de gel (Bazarte *et al.*, 2008; Castro *et al.*, 2000).

Diseño y análisis estadístico

Se utilizó un diseño estadístico completamente aleatorizado (Figura 1) con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Siendo los tratamientos, los tres estados de madurez de la guayaba: verde, verde más amarillo y maduro (completamente amarilla). Las variables estudiadas fueron los parámetros pH, contenido de cenizas, grado de esterificación, contenido de metoxilo, contenido de ácido galacturónico anhidro, masa equivalente y fuerza de gel de las pectinas extraídas.

Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANAVA). Donde hubo diferencia significativa entre los tratamientos se aplicó la prueba de la mínima diferencia significativa (MDS) al 5% de probabilidad, utilizando un paquete estadístico SAS 2004.

Resultados y Discusión

Determinación del rendimiento de la pectina extraída de cascos de guayaba

Los resultados obtenidos para el rendimiento mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las pectinas extraídas de los cascos de guayaba en estado verde y maduro (Tabla 1). En el estado

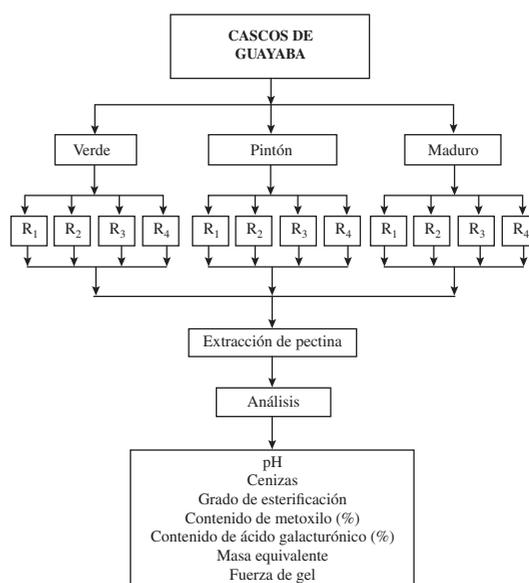


Figura 1. Diagrama del diseño estadístico empleado para el estudio del efecto del grado de madurez sobre las propiedades fisicoquímicas de pectinas extraídas de cascos de guayaba (*Psidium guajava* L.).

verde son predominantes las protopectinas, estas durante el proceso de maduración se rompen por hidrólisis o por la acción de enzimas pectinolíticas produciendo pectinas solubles en agua, lo que puede disminuir su contenido en el fruto y conlleva a cambios en las propiedades fisicoquímicas induciendo el ablandamiento típico (Francis y Bel, 1975).

El rendimiento de las pectinas de cascos de guayabas en estado pintón son iguales estadísticamente

Tabla 1. Rendimiento de la pectina extraída de cascos de guayaba en distintos estados de madurez.

Parámetro	Estados de madurez		
	Verde	Pintón	Maduro
Rendimiento (%)	5,49 ± 0,098 ^a	5,24 ± 0,276 ^{ab}	4,77 ± 0,089 ^b
pH	4,15 ± 0,099 ^a	4,11 ± 0,261 ^a	4,01 ± 0,088 ^b
Contenido de cenizas (%)	1,40 ± 0,443 ^a	1,69 ± 0,251 ^a	1,80 ± 0,280 ^a
Grado de esterificación (%)	88,66 ± 0,779 ^a	80,17 ± 2,043 ^b	64,68 ± 2,789 ^c
Contenido de metoxilos (%)	2,52 ± 0,095 ^a	1,63 ± 0,147 ^b	0,85 ± 0,123 ^c
Contenido de ácido galacturónico (%)	16,11 ± 0,555 ^a	11,54 ± 0,933 ^b	7,40 ± 0,820 ^c
Masa equivalente (meq/mg)	9680,75 ± 640,39 ^a	7810,64 ± 956,04 ^b	6817,53 ± 612,19 ^c
Fuerza (N)	0,414 ± 0,099 ^a	0,149 ± 0,009 ^b	0,050 ± 0,002 ^c

^{a, b, c} Letras diferentes en la misma fila indican que hay alta diferencia significativa ($p < 0,001$).

^{a, b} Letras diferentes en la misma fila indican que hay diferencia significativa ($p < 0,05$).

^a Letras iguales en una misma fila indican que no hay diferencia significativa ($p < 0,05$).

Media ± Desviación estándar.

a los estados verde y maduro debido a que esta es una etapa intermedia en el proceso de maduración del fruto, en el que la degradación de azúcares y sustancias pécticas avanza lentamente y se acelera en el estado de madurez comercial o de consumo para, posteriormente, finalizar en la etapa de sobremaduración y senescencia (Cañizares *et al.*, 2003; Laguado *et al.*, 1999).

Los valores de rendimiento de la pectina extraída de los cascos de guayaba son superiores a lo reportado por Chacín *et al.* (2010) (1,65%) en el rendimiento de pectinas extraídas de pulpa de guayaba con características genotípicas ovoides en estado de madurez pintón. En otros frutos Camejo de Aparicio *et al.* (1996) reportaron valores de 3,65% en toronjas, mientras que en Bazarte *et al.* (2008) presentaron en remolacha azucarera un rango de 7 al 10% de rendimiento.

pH

El análisis de varianza para el parámetro pH de las pectinas extraídas de cascos de guayaba indicó diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre el estado maduro y los demás tratamientos. En la Tabla 1 se observan los valores promedio del parámetro pH de las pectinas extraídas de cascos de guayaba en varios estados de madurez.

Las diferencias entre el pH de las pectinas en estado verde y pintón respecto del maduro, pudo deberse al incremento del contenido de pectinas solubles en agua desesterificadas, lo que acidifica la pectina extraída debido a la generación de carboxilos libres a medida que avanza el proceso de maduración del fruto (Pilnik y Voragen, 1970). Heredia *et al.* (1997) destaca que al final de la madurez comercial del fruto se utilizan los almidones como sustrato respiratorio generando como producto final ácidos y a su vez incrementando el pH, por lo que puede mantener la acidez y el pH en las primeras etapas de la maduración y acidificarse en el último tramo de la maduración o senescencia del fruto.

Manuel *et al.* (2012) reportó un pH de 3,20 en cáscaras de cacao por lo que estos valores son inferiores a los obtenidos en esta investigación, pero similares a los reportados por Vásquez *et al.* (2008) (pH de 3,99) para una pectina comercial, esto se debe a que la mayoría de las pectinas comerciales son obtenidas de frutos cítricos que contienen un pH bajo.

Mediante la extracción ácida se puede arrastrar cierto contenido de minerales, de fibras insolubles en ácido y pigmentos que pueden aumentar el pH del producto final (Pilnik y Voragen, 1970); sin embargo, Gutiérrez (2000) destaca que el intervalo de pH que debe obtener la pectina es de 2,5 a 5,0 recomendando trabajar con pectinas ubicadas en las zonas altas de este intervalo (3,5-5,0) porque en rangos de acidez bajos puede originar sinéresis del gel y otorgaría un ahorro significativo en la cantidad de azúcar a agregar para la elaboración de geles.

Contenido de cenizas

El contenido de cenizas de las pectinas extraídas no arrojó diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos, indicando que el estado de madurez de las guayabas no influyó sobre este parámetro. Al contrastar los resultados expresados en la Tabla 1 se observa que el contenido de cenizas por debajo del rango obtenido por D'Addosio *et al.* (2005) de 3,02-6,90% en cáscaras de parchita en varios estados de madurez.

El contenido de cenizas en los tres estados de madurez está dentro del rango indicado por la FCC (Food Chemical Codex) (1996) para las pectinas comerciales, el que establece valores $\leq 10\%$, indicando que por encima de este porcentaje puede haber interferencia de ciertos minerales como por ejemplo el hierro, que dificulta la interacción de las cadenas de ácido galacturónico interfiriendo en la formación de la estructura de gel ocasionando sinéresis del producto elaborado.

Grado de esterificación (%)

Los resultados del análisis de varianza de la determinación del porcentaje del grado de esterificación presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p < 0,001$). En la Tabla 1 se observa que entre los tres estados de madurez, la pectina extraída de cascos de guayaba verde presentó un mayor porcentaje de esterificación teniendo una tendencia a disminuir a medida que el proceso de maduración avanza. Grunauer y Cornejo (2009) indican que en el estado verde predomina la protopectina con alto grado de esterificación, esta se convierte en pectina soluble por acción del proceso metabólico del fruto y de segregación de pectinasas en el mismo ocasionando una desesterificación progresiva a medida que el mismo madura.

Bazarte *et al.* (2008) reportó un rango de 37,49-52,20% en pectinas de cáscaras de cacao, mientras que, Loyola *et al.* (2011) en manzanas rojas señalan un valor de 68,27% siendo estos valores inferiores a la presente investigación. Las pectinas obtenidas son superiores al 50% de esterificación, por lo que pueden ser consideradas como pectinas con alto grado de esterificación de los grupos carboxilos de la cadena de ácido galacturónico y, por lo tanto, posee un alto poder gelificante.

Contenido de metoxilos

En el análisis de varianza para la variable porcentaje de metoxilos de las pectinas extraídas se encontraron diferencias altamente significativas entre los tres estados de madurez ($p < 0,001$). En la Tabla 1 se presentan los valores promedio del contenido de metoxilo. Se observa que las pectinas del estado verde contienen mayor porcentaje de metoxilos decreciendo a medida que el fruto va madurando. Chan y Chiang (1992) señalan que las pectinas tienen una tendencia a disminuir su metoxilación como consecuencia de la existencia de pectinesterasas naturales del fruto, las que eliminan el radical metoxilo de la cadena de ácido galacturónico convirtiéndola de alto a bajo metoxilo ocasionando un ablandamiento del fruto a medida que avanza el proceso metabólico del mismo.

La pectina obtenida es de bajo metoxilo, ya que según lo reportado por Guzmán *et al.* (1977) citado en Arellanes *et al.* (2011) el porcentaje de metoxilos debe ser menor al 7% para ser definido como de bajo metoxilo. Ferreira *et al.* (1995) reportaron un rango de metoxilos de 3,38-6,21% en desechos industriales del mango que es un resultado mayor al obtenido en la presente investigación y Camejo de Aparicio *et al.* (1996) obtuvieron 2,85% de metoxilos de pectinas en limones.

Contenido de ácido galacturónico (%)

Los resultados del análisis de varianza para la determinación del porcentaje de ácido galacturónico de las pectinas estudiadas en varios estados de madurez, mostraron diferencias altamente significativas entre ellas ($p < 0,001$). Los resultados de las medias (Tabla 1) reflejan una disminución de 5-6% en cada estado de madurez, lo que indica que este comportamiento responde al proceso fisiológico de maduración del fruto en el cual por hidrólisis se

desdoblan las cadenas de ácido galacturónico en moléculas más sencillas, ocasionando fracciones en la cadena lineal del ácido disminuyendo la cantidad del mismo en el fruto, de esta forma se generan cambios en la viscosidad de la pectina extraída y una posible fragmentación de las cadenas de ácido galacturónico por vía enzimática debido a que la exposición de la guayaba a temperaturas de secado de 50 °C por tiempos prolongados (más de 12 horas) ocasionan un desdoblamiento de la pectina natural del fruto de un 60 a 70%, debido a un aumento del proceso metabólico de la pectinasa ocasionando un descenso en la pureza del mismo y cambios en sus características fisicoquímicas como su contenido de metoxilos, peso molecular y grado de esterificación.

Los resultados obtenidos en este estudio son superiores en comparación con los reportados por Nwanekezi y Alawuba (1994) (47,36%), Chacín (2010) (41,45%), en guayabas rojas.

El ácido galacturónico en las pectinas se encuentra acompañado de azúcares neutros que forman parte de la cadena de pectina y por impurezas, que no son componentes de la misma, como es el caso de minerales y pigmentos así como de otros compuestos que dificultan la posible formación de gel. Link and Dickson (1930) indica que se debe considerar que el ácido galacturónico es estable, es decir, no resulta alterado en los procesos de extracción de la pectina. Sin embargo, muchos de los carbohidratos que forman parte de la pectina pueden sufrir hidrólisis parcial durante el proceso de extracción de la misma gracias a la acción del ácido a altas temperaturas, así como una desmetoxilación de la cadena del ácido galacturónico ocasionando que la pectina aumente el tiempo para lograr una gelificación adecuada.

Masa equivalente de ^{-}OH

El análisis de varianza para la masa equivalente de las pectinas estudiadas indicó que existen diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) entre los tratamientos. Los resultados oscilaron entre 9680,75 meq/mg para el estado verde y 6817,53 meq/mg para el estado maduro (Tabla 1). Se puede inferir que la variación descendente y progresiva de la masa equivalente en los tres estados de madurez está ocasionado por la cantidad de grupos carboxilos esterificados que conforman la cadena de pectina, la que a medida que disminuye como consecuencia

de la fractura de las cadenas de ácido galacturónico debido al proceso de maduración disminuye la cantidad de carboxilos esterificados y se convierten en carboxilos libres, originando descensos en el pH, la metoxilación de la pectina y en la masa equivalente, es traducido en un ablandamiento progresivo del fruto (Pérez *et al.*, 2003).

En resultados obtenidos por Chacín *et al.* (2010) se observan rangos de 2512,5 a 935,6 meq/mg en guayabas con características genotípicas ovoide y estado de madurez pintón. D'Addosio *et al.* (2005) reportaron valores de 1802,2 meq/mg en cáscaras de parchita y Castillo (2010) con rango de 462,75-429,32 meq/mg en cáscaras de cacao, los que son valores inferiores a los obtenidos en el presente estudio.

El peso equivalente permite estimar el poder gelificante y viscosidad de la pectina, ya que estas características están muy asociadas con el peso molecular y el tamaño de la cadena de pectina, por lo que a mayor cantidad de masa molecular, mayor será la gelificación de la pectina, y por tanto más estable será el gel, en función de la metoxilación y la pureza de la pectina (Bazarte *et al.*, 2008).

Fuerza de gel

En la Tabla 1 se observan los resultados del análisis de varianza para la determinación de la fuerza de los geles elaborados con la pectina extraída de cascos de guayaba, existiendo diferencias altamente significativas entre los diferentes estados de madurez ($p < 0,001$).

El gel elaborado con pectinas extraídas de guayabas en estado de madurez verde presentó una mayor rigidez 0,414 N en comparación con los geles de pectinas en estado pintón 0,149 N y en el estado maduro 0,050 N, esto debido a las diferentes características que presentan las pectinas en cuanto al porcentaje de metoxilación y el grado de esterificación, las que decaen a medida que el proceso de maduración avanza. Para la formación de un gel estable es necesario la combinación de:

acidez, sólidos solubles y pectina, por lo que es primordial el balance ideal para obtener geles de buena calidad. Kopjar *et al.* (2009) indican que la fórmula para la elaboración de un gel de pectina estándar es con pH inferior a 3,5, porcentaje no menor de sólidos solubles del 55% en solución y con una cantidad mínima de pectina en función de su poder gelificante, teniendo cuidado con parámetros como la temperatura, tiempo de cocción y la presencia de iones polivalentes.

Vásquez *et al.* (2008) indican que la dureza del gel está definida en el grado de esterificación y en la masa equivalente de la pectina obtenida; sin embargo, la misma está condicionada por los bajos niveles de ácido galacturónico y de metoxilos, los que intervienen funcionalmente en el mecanismo y el tiempo que toma gelificar el producto elaborado y definen a las pectinas obtenidas como de bajo metoxilo, requiriendo añadir algún catión divalente, como el calcio para poder obtener una estructura de gel más rígida y por tanto con condiciones deseables para la industria de alimentos.

Conclusiones

La pectina extraída de cascos de guayaba presentó un rendimiento de 5,49% para el estado de madurez verde, de 5,24% para pintón y de 4,77% para maduro.

Las características fisicoquímicas de la pectina extraída de los cascos de guayabas presentaron diferencias en todos los parámetros cuantitativos analizados, excepto en el contenido de cenizas, teniendo a las pectinas en estado de madurez verde con las mejores condiciones.

La pectina extraída de los cascos de guayaba es de bajo metoxilo.

Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) y al programa de Posgrado e Investigación de la Universidad de Oriente, Núcleo Monagas.

Literatura Citada

- Arellanes, A.; Jaraba, M.; Mármol, Z.; Páez, G.; Mazzarri, C.; Rincón, C.
2011. Obtención y caracterización de pectina de la cáscara del cambur manzano (*Musa AAB*). *Rev. Fac. Agron.*, 28: 523-539
- Bazarte, H.; Sangronis, E.; Unai, E.
2008. La cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.): una posible fuente comercial de pectinas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición*, 58 (1): 64-70
- Cañizares, A.; Laverde, D.; Puesme, R.
2003. Crecimiento y desarrollo del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.) en Santa Bárbara, Estado Monagas, Venezuela. *Revista UDO Agrícola*, 3 (1): 34-38.
- Castro, E., Silva, C. Osorio, F.; Miranda, M.
2000. Characterization of caramel jam using back extrusion technique. *Latin American Applied Research*, 30: 227-232.
- Chacín, J.; Marín, M.; D'Addosio, R.
2010. Evaluación del contenido de pectina en diferentes genotipos de guayaba de la zona sur del Lago de Maracaibo. *Revista Multiciencias*, 10 (1):7-12
- Chan, W.; Chiang, B.
1992. Production of clear guava nectar. *International Journal of Food Science and Technology*, 27(4):435-441
- D'Addosio, R.; Paez, G.; Marín, M.; Marmol, Z.; Ferrer, J.
2005. Obtención y caracterización de pectinas a partir de la cáscara de parchita (*Passiflora edulis f. flavicarpa Degener*). *Rev. Fac. Agron.*, (LUZ) 22: 240-249
- Estrada, A.
1998. Pectinas cítricas. Efecto del arrastre de vapor en la extracción y de diferentes métodos de secado. *Revista NOOS.*, 7:23-34
- FCC. Food Chemicals Codex.
1996. Revised Monograph-Pectins. Estados Unidos. Disponible en: books.nap.edu/html/fcc/pectins.pdf. Consultada: 28/Jun/2012.
- Ferreira, S.; Peralta, A.; Rodríguez, G.
1995. Obtención y caracterización de pectina a partir de desechos industriales del mango (cáscara). *Revista colombiana de ciencias químico-farmacéuticas*, 24: 29-34.
- Francis, B.; Bel, K.
1975. Commercial Pectin: A Review. *Trop. Science*, 17: 25-43.
- García, M.; Hernández, R; Domínguez, H; Hernández, R; Sánchez, M.
2012. Aprovechamiento de residuo agroindustrial: cáscara de cacao para la extracción de pectinas y su aplicación en una mermelada. 2do Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria. Mexico. Pp. 75-78. Disponible en: https://www.academia.edu/4444270/INVASIONES_RECIENTES_DE_PECES_EX%C3%93TICOS_EN_LA_RBM_IMPLICACIONES_PARA_PECES_NATIVOS_DE_PETEN._pag._175-180_. Consultada: 09/Abr/2013
- Gow-Chin, Y.; Tuzz-Ying, S.
1998. Characteristics of clouding Substances in guava puree. *J. Agric. Food. Chem.*, 46 (9): 3435-3439.
- Gutiérrez, J.
2000. Ciencia Bromatológica: Principios Generales de Los Alimentos. Ediciones Díaz de Santos S.A. Madrid. España. 573 p.
- Guzmán, R.; Suárez, Y.; Castro, C.
1977. Determinación del contenido de pectina en el mango y su aplicación en la elaboración de mermelada. Boletín Informativo. *Universidad Nacional de Bogotá. Bogotá*, pp. 25-37.
- Grunauer, C.; Cornejo, F.
2009. Influencia del Secado sobre la Captación de Agua de Pectina Extraída a partir del Citrus x Aurantifolia Swingle. *Revista Tecnológica ESPOL*, 1 (2): 12-15.
- Heredia, J.; Siller, J.; Baez, M.; Araiza, E.; Portillo, T.; García, R.; Muy, M.
1997. Cambios en la calidad y en el contenido de carbohidratos en frutas tropicales y subtropicales a nivel de supermercado. *Proa. Interamer. Soc. Trop. Hort.*, 41: 104-109.
- Kopjar, M.; Pilizota, V.; Tiban, N.; Subaric, D.; Babic, J.; Ackar, D.; Sajdl, M.
2009. Strawberry Jam: Influence of different pectins on colour and textural properties. *Czech j. Food Science*. 27 (1): 20-28.
- Laguado, N.; Pérez, E; Alvarado, C.; Marín, M.
1999. Características fisicoquímicas y fisiológicas de frutos de guayaba de los tipos Criolla Roja y San Miguel procedentes de dos plantaciones comerciales. *Rev. Fac. Agron.*, 16 (4): 382-397.
- Link, J.; Dickson, M.
1930. The preparation of d-Galacturonic acid from lemon pectin acid. *Journal of Biological Chemistry*, 86 (2): 12-30.
- Less, R.
1984. Análisis de los alimentos. Métodos analíticos y de control de calidad. Editorial Acribia. España. 2^{da} edición. 219 p
- Loyola, M.; Pavez, P.; Lillio, S.
2011. Pectin extraction from cv. Pink Lady (*Malus pumila*) apples. Chile. *Rev Cien. Inv. Agr.*, 38 (3): 425-434.
- Matissek, R.; Schnepel, F.; Steiner, G.
1998. Análisis de los alimentos, fundamentos, métodos, aplicaciones. Acribia. Zaragoza. España. 416 p
- Nwanekezi, E.; Alawuba C.
1994. Characterization of pectic substances from select tropical fruits. *J. Sci. Technol.*, 31(2): 159-161.
- Pérez, S.; Rodríguez-Carvajal, M.; Doco, T.
2003. Complex plant cell wall polysaccharide: rhamnogalacturonan II. A structure in quest of a function. *Revista Biochimic*, 85: 109-121.
- Pilnik, W; Voragen, A.
1970. Pectic substances and other uronides. En Hulme, A (Editor). *The Biochemistry of Fruits and their products*. London, Academic Press. Vol. 1. Pp. 53-80.
- SAS. Institute Inc.
2004. Statistical Analysis System. For Windows Release 8.01. Cary, Nc: SAS. USA
- Schultz, T.H.
1965. Determination of the degree of esterification of pectin, determination of the ester methoxyl content of pectin by saponification and titration. En. *Methods in carbohydrate Chemistry*. R, Whistler y J, BeMiller. Vol. 5, Academic Press, New York. 189 p.
- Vásquez, 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 Facultad de Agronomía*, 25(2): 318-333.

