

## La cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.): una posible fuente comercial de pectinas

Humberto Barazarte, Elba Sangronis, Emaldi Unai

Universidad Simón Bolívar. Laboratorio de Análisis de Alimentos. Dpto. de Procesos Biológicos y Bioquímicos.  
Universidad Central de Venezuela. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Caracas, Venezuela

**RESUMEN.** La explotación comercial del cacao (*Theobroma cacao* L.) genera un volumen de cáscaras que pudiera utilizarse para la producción de pectinas a nivel industrial. Por tal razón, se extrajeron pectinas de la cáscara de cacao a diferentes condiciones de pH y temperatura y se evaluaron sus principales características químicas. Para la extracción se usó EDTA al 0,5% a pHs 3, 4 y 5 y temperaturas de 60, 75 y 90°C, bajo diseño factorial 3<sup>2</sup>. Las variables respuestas fueron: rendimiento, contenido de ácido anhidrogálico (AGA), contenido de metoxilo, grado de esterificación y peso equivalente de las pectinas extraídas. Se determinó la fuerza del gel péctico con un texturómetro TA – XT2i. Con la pectina extraída se elaboró una mermelada de fresa y se determinó su aceptabilidad empleando una escala hedónica de 7 puntos. Se obtuvo un rendimiento de extracción de 2,64 a 4,69 g/100g, un contenido de AGA entre 49,8 y 64,06 g/100g, un contenido de metoxilo entre 4,72 y 7,18 g/100g, un grado de esterificación entre 37,94% y 52,20%, un peso equivalente entre 385,47 a 464,61 g/equivalente de H<sup>+</sup> y un grado de gelificación entre 285,64 y 806,03 g fuerza. La pectina extraída a pH 4 y 90 °C mostró un poder gelificante de 422,16 g fuerza, pureza 62,26 g/100g de AGA y un rendimiento de extracción de 3,89 g/100g, y permitió preparar una mermelada con un nivel de agrado promedio de “me gusta moderadamente”. Las pectinas de cáscaras de cacao presentan potencial aplicación en la industria de alimentos, pero es necesario optimizar los parámetros de extracción para aumentar su rendimiento. **Palabras clave:** Acido galacturónico, metoxilo, pectina, textura.

### INTRODUCCION

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los productos agroalimentarios de origen neotropical de mayor penetración en el mercado internacional y sus exportaciones en grano han representado más de 71% de volumen producido, situación derivada del alto valor agregado promocionado por la industria del chocolate y sus derivados (1). En la explotación cacaotera solo se aprovecha económicamente la semilla, que representa aproximadamente un 10% del peso del fruto fresco. Esta circunstancia se ha traducido en serios problemas ambientales tales como la aparición de olores fétidos y el deterioro del paisaje, así como también problemas de disposición. Los desechos generados están constituidos en su mayoría por la cáscara, que además se considera un foco para la

**SUMMARY. Cocoa (*Theobroma cacao* L.) hulls: a possible commercial source of pectins.** Commercial exploitation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) generates a volume of hulls that could be used in the production of pectins on an industrial scale. Therefore, pectins from cocoa hulls were extracted at different pH and temperature conditions, and their main chemical characteristics were evaluated. EDTA at 0.5% was used for the extraction at pHs 3, 4 and 5 and temperatures of 60, 75 and 90°C, under a 3<sup>2</sup> factorial design. The response variables were yield, content of anhydrous galacturonic acid (AGA), content of metoxil, degree of esterification and equivalent weight of the pectins extracted. The strength of the pectic gel was determined with a TA – XT2 texturometer. Strawberry jam was made with the pectin extracted, and its acceptability was determined using a 7-point hedonic scale. The results obtained were as follows: an extraction yield from 2.64 to 4.69 g/100g; an AGA content between 49.8 and 64.06 g/100g; a content of metoxil between 4.72 and 7.18 g/100g; a degree of esterification between 37.94 and 52.20 %; an equivalent weight from 385.47 to 464.61 g/equivalent of H<sup>+</sup>, and a degree of gelation between 28.64 and 806.03 g force. The pectin extracted at pH 4 and 90 °C showed a gelation power of 422.16 g force, purity 62.26 g/100g of AGA, and a yield of extraction of 3.89 g/100g and allowed to prepare a jam with an average level of liking of “like moderately”. Pectins from cocoa hulls show potential application in the food industry, but it is necessary to optimize the extraction parameters to increase its yield.

**Key words:** Galacturonic acid, metoxil, pectins, texture.

propagación de *Phytophthora spp*, causa principal de pérdidas económicas de la actividad cacaotera (2).

En Venezuela, la producción de semillas de cacao durante el período 2001–2005, fue de 16.000 ton/año (3). Si se considera que la relación entre el rendimiento de la semilla seca y la cáscara fresca es 1:10, se concluye que la actividad cacaotera del país generó un promedio de 160.000 ton/año de cáscaras en el lapso señalado. A nivel mundial hay varios países que muestran una producción de cacao muy superior a la de Venezuela, tal es el caso de Costa de Marfil y Ghana, con 1.330.000 y 736.000 ton/año, respectivamente (3). Esto ha motivado el desarrollo de estudios a nivel de campo con la finalidad de aumentar el valor comercial y diversificar el uso de las cáscaras de cacao, cuyo aprovechamiento tradicional es como insumo para la alimentación animal y la recuperación de suelos (2).

Las cáscaras de cacao se han propuesto como fuente de pectinas a nivel comercial, por su relativo bajo costo (4). Las pectinas son un grupo de polisacáridos vegetales estructurados básicamente por moléculas de ácido D – galacturónico unidas por enlaces glucosídicos, donde algunos de los carboxilos pueden estar esterificados con metilos o en forma de sal (5). Las pectinas se usan en la industria alimentaria como gelificantes, espesantes, texturizantes, emulsificantes y estabilizantes, como sustitutos de grasa en alimentos de bajo aporte calórico y su aplicación más común es en la manufactura de mermeladas y jaleas. Esta multifuncionalidad de la pectina es atribuida a la presencia de regiones polares y apolares dentro de su molécula, lo que permite incorporarla a diferentes sistemas alimenticios (6). Las pectinas se usan en combinación con lípidos en la elaboración de películas comestibles de doble capa y emulsionadas (7, 8); en la industria farmacéutica se aprovecha el uso terapéutico de la pectina como constituyente de la fibra dietaria (6, 9).

Las pectinas comerciales se obtienen principalmente de la cáscara de cítricos y bagazo de manzana (5). Sin embargo, se ha intentado la búsqueda de otras fuentes comerciales de pectina con el objeto de cubrir parcialmente la creciente demanda en el mercado. Fontes (10) extrajo pectinas del endocarpio de cacao con un rendimiento de 8,0% en base seca. Mientras que Adomako (11) obtuvo un rendimiento de extracción de 8,0% a 11,0% (base seca) a partir de cáscaras de cacao. López y col. (2) sugieren el uso de las pectinas de cáscara de cacao en conjunto con las gomas para la elaboración de compuestos adhesivos en la industria farmacéutica. Estos escasos estudios indican el poco conocimiento que se tiene sobre las características y propiedades de la pectina de las cáscaras de cacao. De lograr extraer pectinas de dicha fuente se aumentaría el valor agregado del cacao y podría representar una solución parcial al problema ambiental generado por las cáscaras.

El objetivo de esta investigación fue extraer pectinas de la cáscara de cacao a diferentes condiciones de pH, temperaturas y evaluar sus principales características químicas.

## MATERIALES Y METODOS

### Materiales

Se utilizaron frutos de cacao tipo Forastero clon IMC 67, procedente de la zona de Cauca y suministrados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) del estado Miranda. La muestra de cáscara de cacao se preparó según el procedimiento aplicado por Srirangarajan y Shrikhande (12) con algunas modificaciones. Las mazorcas de cacao fueron cortadas transversalmente en dos mitades y se separaron manualmente las semillas de la cáscara. Las cáscaras se cortaron en trozos pequeños, se deshidrataron a 55°C durante 36 – 48 h hasta un contenido de humedad de aproxi-

madamente 6% y se molieron hasta una granulometría de 40 mesh empleando un molino de martillo (Model D, Comminuting Machine, Chicago, USA) y el producto final se colocó en envases de vidrio cerrados herméticamente y almacenados a temperatura ambiente para su uso posterior.

### Extracción de pectinas

Se extrajo pectina de cáscara de cacao a pHs 3, 4 y 5 y temperaturas de 60, 75°C y 90°C, bajo diseño factorial 3<sup>2</sup>, para un total de 9 tratamientos. Se utilizó el método de McCready (13) modificado: dos porciones de 30 g de cáscara de cacao deshidratada y molida fueron colocadas por separado en vasos de precipitado de 1000 mL y se mezclaron con 800 mL de EDTA al 0,5%. Luego se ajustó el pH con HCl 1,0 N ò NaOH 1,0 N, según el caso y se calentó 60 min en baño de María a la temperatura de trabajo. Se enfrió rápidamente la dispersión hasta temperatura ambiente y se filtró dos veces en tela de liencillo. Los sólidos de cada dispersión fueron unidos y colocados en un vaso de precipitado de 1000 mL, se dispersaron con 600 mL de agua destilada para posteriormente ajustar el pH y repetir el proceso de extracción. Todos los extractos se unificaron y se centrifugaron a 2700 g durante 15 min para separar sólidos en suspensión. El extracto obtenido se mezcló con 1,5 volúmenes de etanol al 95% conteniendo HCl al 1,0%, se reposó por 12–15 h, se separó el precipitado por centrifugación a 5000 g por 10 min. El residuo se lavó dos veces con 500 mL de etanol al 70% separando por centrifugación a 5000 g por 10 min. El lavado se repitió una vez con etanol al 95% y luego con 300 mL de acetona. El precipitado se prensó manualmente utilizando un guante de goma y se colocó en una cápsula de vidrio sometándose a secado en una estufa convencional a 40°C hasta peso constante. La pectina extraída se llevó a granulometría de 40 mesh utilizando un micromolino (Cienceware, Belt-at Products, Pequannock, NJ07440, USA). La extracción se realizó por triplicado. Se estimó el rendimiento de extracción como la relación entre el peso de la pectina extraída y el peso inicial de la cáscara seca.

### Análisis de la pectina de cáscara de cacao

A la pectina extraída de cada tratamiento se le determinó el contenido de ácido galacturónico (AGA) (14), contenido de metoxilo (13), grado de esterificación (15) y peso equivalente (13). Además se determinó el grado de gelificación según la metodología de Salazar y col. (16) con algunas modificaciones, para lo cual se prepararon geles con 0,5% de pectina extraída, azúcar en cantidad suficiente para lograr 30% de sólidos solubles en la dispersión final, 0,5% de ácido cítrico, cloruro de calcio (30 mg de calcio/g de pectina) y agua en cantidad suficiente para completar el 100% de los ingredientes. Se calentó el agua hasta 72°C, se añadió lentamente la pectina mezclada con una parte del azúcar en proporción 1:5

p/p. Se continuó calentando la mezcla con agitación constante hasta ebullición, una vez dispersa la pectina, se añadió lentamente el resto del azúcar. Sin dejar de agitar, se continuó el calentamiento hasta alcanzar nuevamente la ebullición (106°C), se añadió el cloruro de calcio disuelto en agua y luego el ácido cítrico, se mezcló y dejó hervir durante 3 min. La dispersión se colocó en envases de plástico y se dejó en reposo por 2 h a temperatura ambiente, para luego determinar la firmeza del gel. Se usó el analizador de textura TA – XT2i (Stable Micro Systems, Haslemere, Surrey, UK), se midió la fuerza de compresión del gel de pectina necesaria para que la aguja recorra una distancia de 8,0 mm a una velocidad de 0,5 mm/s. Las condiciones preestablecidas del equipo fueron: velocidad de preensayo 1,0 mm/seg y velocidad de post – ensayo 10,0 mm/s.

#### Aceptabilidad de una mermelada elaborada con pectina de cáscara de cacao

Se elaboró una mermelada de fresa según la metodología descrita por Tressler y Woodroof (17), para lo cual se utilizó 65,5% de fruta fresca, 34,0% de azúcar, 0,1% de ácido cítrico y 0,4% de pectina. El producto final cumplió con los requisitos exigidos por la Norma venezolana COVENIN 2592-89 (18) sobre mermeladas y jaleas de frutas. A las 24 h de su elaboración se evaluó la aceptabilidad de la mermelada, empleando un panel de consumidores de 60 personas y una escala hedónica de 7 puntos, donde 1 correspondió a “Me dis-

gusta mucho” y 7 a “Me gusta mucho”. Se solicitó a los panelistas sus observaciones sobre las características de la mermelada.

#### Análisis estadístico

Se usó análisis de varianza (ANAVAR) de dos factores para estudiar el efecto del pH y la temperatura sobre el rendimiento de extracción, contenido de AGA, contenido de metoxilo, grado de esterificación y peso equivalente de las pectinas de cáscara de cacao. Se analizó el grado de gelificación de las pectinas que mostraron capacidad gelificante con ANAVAR de un solo factor. Se utilizó la prueba de Duncan para identificar diferencias entre medias. Para los resultados de la escala hedónica se calculó la media y la desviación estandar de los resultados.

## RESULTADOS

En la Tabla 1 se presenta el resumen del ANAVAR de dos factores aplicado a los valores de rendimiento de extracción, contenido de AGA, contenido de metoxilo, grado de esterificación y peso equivalente de la pectina de cáscara de cacao. Los efectos principales y las interacciones influyen significativamente en cada parámetro estudiado, a excepción del efecto del pH sobre el peso equivalente. El ANAVAR aplicado sobre el grado de gelificación indica que existe al menos un tratamiento con una firmeza diferente al resto del grupo.

TABLA 1  
ANAVAR de dos factores aplicado al rendimiento de extracción, contenido de AGA, contenido de metoxilo, grado de esterificación y peso equivalente de las pectinas de cáscara de cacao

Fuente de variación	Rendimiento de extracción	Valor p			
		Contenido de AGA	Contenido de metoxilo	Grado de esterificación	Peso equivalente
Efectos principales pH	0,0000	0,0017	0,0001	0,0003	0,0715
Temperatura	0,0000	0,0000	0,0018	0,0001	0,0000
Interacciones					
pH - temperatura	0,0092	0,0474	0,0000	0,0000	0,0000

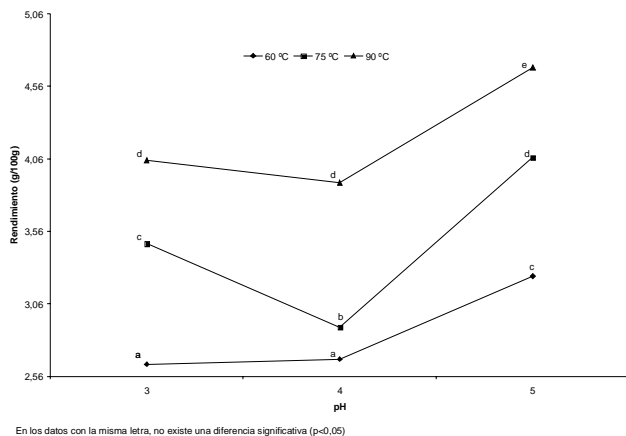
Un valor  $p < 0,05$ , indica efecto estadísticamente significativo

El rendimiento del proceso de extracción de pectinas de cáscaras de cacao bajo nueve (9) tratamientos diferentes se presenta en la Figura 1, se observan variaciones entre 2,64 y 4,69 g/100g. En las curvas de 60 y 90 °C la variable respuesta no genera diferencias a los niveles de pH 3 y 4 y aumenta a

pH 5. En la curva de 75 °C, pH 3 a 4 origina una disminución del rendimiento, con un nuevo incremento a pH 5. A pH constante, hay un aumento del rendimiento de extracción a medida que aumenta la temperatura. Se visualizan 5 grupos de medias diferentes.

FIGURA 1

Efecto del pH y la temperatura sobre el rendimiento de las pectinas extraídas de cáscara de cacao

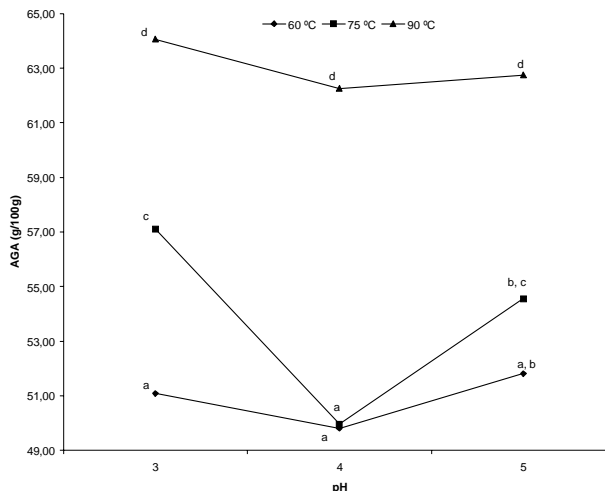


En los datos con la misma letra, no existe una diferencia significativa ( $p < 0,05$ )

En la Figura 2 se presenta el contenido de AGA de las pectinas de cáscaras de cacao, con valores entre 49,81 y 64,06 g/100g. La pureza más alta se obtiene a 90°C, mientras que a 60°C se presentan los valores más bajos. En las curvas de 60 y 90°C, las variaciones en el pH no afectan el AGA de las pectinas de cáscaras de cacao; a 75°C los niveles de pH 3 y 5 presentan valores de AGA similares entre sí y a la vez superiores al determinado a pH 4. La prueba de Duncan presentó 4 grupos de medias diferentes.

FIGURA 2

Efecto del pH y la temperatura sobre el contenido de AGA de la pectinas extraídas de cáscara de cacao



En los datos con la misma letra, no existe una diferencia significativa ( $p < 0,05$ )

La divergencia entre el comportamiento de las curvas de 60 y 90°C y la curva de 75°C evidencia la interacción pH-temperatura con respecto al rendimiento de extracción y contenido de AGA. La interacción se origina de los valores obtenidos a temperatura de 75°C y pH 4.

TABLA 2

Contenido de metoxilo, grado de esterificación, peso equivalente y firmeza del gel de las pectinas de cáscara de cacao

pH	Temperatura (°C)	Metoxilo (g/100g)	Grado de esterificación (%)	Peso equivalente (g/equivalente H <sup>+</sup> )	Firmeza del gel (g fuerza)
3	60	6,72 ± 0,37 <sup>cd</sup>	49,76 ± 1,78 <sup>de</sup>	449,24 ± 7,86 <sup>cd</sup>	325,75 ± 79,11 <sup>a</sup>
3	75	7,18 ± 0,48 <sup>d</sup>	52,20 ± 2,12 <sup>e</sup>	464,61 ± 20,21 <sup>d</sup>	806,03 ± 129,42 <sup>b</sup>
3	90	4,94 ± 0,29 <sup>ab</sup>	38,47 ± 1,80 <sup>ab</sup>	385,59 ± 8,82 <sup>a</sup>	—
4	60	4,84 ± 0,27 <sup>ab</sup>	39,77 ± 0,85 <sup>abc</sup>	413,95 ± 9,50 <sup>b</sup>	—
4	75	5,10 ± 0,22 <sup>ab</sup>	40,99 ± 1,38 <sup>bc</sup>	415,26 ± 5,96 <sup>b</sup>	—
4	90	6,57 ± 0,35 <sup>c</sup>	48,26 ± 2,57 <sup>d</sup>	431,91 ± 22,41 <sup>bc</sup>	422,16 ± 80,23 <sup>a</sup>
5	60	6,45 ± 0,26 <sup>c</sup>	48,79 ± 1,39 <sup>d</sup>	450,50 ± 7,49 <sup>cd</sup>	285,64 ± 58,31 <sup>a</sup>
5	75	5,42 ± 0,14 <sup>b</sup>	42,68 ± 1,73 <sup>c</sup>	419,78 ± 19,87 <sup>b</sup>	—
5	90	4,72 ± 0,36 <sup>a</sup>	37,49 ± 2,09 <sup>a</sup>	385,47 ± 6,25 <sup>a</sup>	—

Resultados expresados como media y desviación estándar de 3 réplicas. En los datos con la misma letra no existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ )

El contenido de metoxilo, grado de esterificación, peso equivalente y grado de gelificación de las pectinas de cáscara de cacao se presentan en la Tabla 2. El contenido de metoxilo se ubica entre 4,72 y 7,18 g/100g, el grado de esterificación es de 37,49% a 52,20% y el peso equivalente presenta un intervalo entre 385,47 y 464,61 g/equivalente de H<sup>+</sup>. En los tres casos el efecto de la interacción predomina sobre el efecto individual de los factores pH y temperatura. En el contenido de metoxilo y peso equivalente existen 4 grupos de medias, mientras que en el grado de esterificación se observan 5 grupos. En los resultados de la determinación del grado de gelificación se observa que del total de tratamientos, sólo 4 de ellos poseen capacidad de gelificar en la formulación usada y muestran una firmeza de gel entre 285,64 y 806,03 g fuerza, mientras que en el resto de los casos se forman dispersiones viscosas. Con la prueba de Duncan se obtienen 2 grupos distintos en relación a la firmeza del gel.

## DISCUSION

El rendimiento de extracción y contenido de AGA presentaron un comportamiento dependiente en su mayoría de los efectos principales estadísticamente significativos. La combinación entre el pH y la temperatura fue el factor a considerar en el contenido de metoxilo, grado de esterificación y peso equivalente de las pectinas procedentes de cáscaras de cacao, ya que el efecto de la interacción no permitió generalizar un comportamiento para los factores individuales. Durante el proceso de extracción, las sustancias pécticas precipitaron como una sustancia cristalina al agregar el alcohol etílico acidificado. Después de la centrifugación, se obtuvo el precipitado blanco gelatinoso, similar al descrito por Adomako (11), el cual se tornó de color pardo a los pocos minutos de extraído, posiblemente por la presencia de compuestos fenólicos. Otros autores como Blakemore y col. (19) obtuvieron una fracción de polisacáridos pécticos de color pardo de cáscaras de cacao secadas al sol, procedentes de Tafo, Ghana. Según Francis y Bell (4) el color oscuro en las pectinas extraídas puede ser causada por taninos.

### Rendimiento de la extracción

Los altos rendimientos de la pectina extraída obtenidos a la temperatura de 90°C pueden atribuirse al mayor rompimiento de los enlaces presentes en la protopectina generado por el aumento de temperatura. La protopectina representa un grupo de sustancias insolubles en agua presentes en las paredes celulares vegetales, a partir de las cuales, bajo hidrólisis, se obtienen las pectinas (20). El mayor rendimiento observado a pH 5 puede atribuirse al menor grado de desintegración de la pectina, ya que pHs bajos pueden causar su depolimerización (20). Adomako (11) reportó de 8,0 a 11,0 g/100g de pectinas obtenidas a partir de cáscaras de cacao, mientras que Fontes

(10) indicó 8,0 g/100g del endocarpio de cacao. El rendimiento promedio del proceso de producción de pectina de cáscara de cacao presentado en el estudio actual fue inferior al de las fuentes comerciales y no convencionales, tales como cáscaras de cítricos (25 g/100g), pulpa de manzana (12 g/100g) (10), cabezas de girasol (7,3 g/100g) (21), cáscaras de soya (7 – 16 g/100g) (22), cáscaras de parchita (5,62 - 13,60 g/100g) (23), mucílago de cacao tipo Criollo (7,7 - 12,08 g/100g) y tipo Forastero (5,25 - 7,76 g/100g) (24) y pulpa de remolacha azucarera (7 – 10 g/100g) (25). El posible uso de la cáscara de cacao como fuente de pectina puede justificarse por la enorme cantidad de desechos que se generan de la explotación cacaotera más que por su rendimiento. Francis y Bell (4) describen la cáscara del cacao como materia prima de relativo bajo costo y justifica la extracción de pectinas por razones económicas más que técnicas, ya que las cáscaras frescas requieren ser procesadas rápidamente una vez que se abre el fruto para evitar daños que afecten la fracción de pectina.

### Contenido de AGA de las pectinas extraídas

La temperatura es el factor de mayor incidencia en la pureza de la pectina de cáscara de cacao. Los contenidos más altos de AGA observados a 90°C, se explican por que presuntamente se alcanza un mayor rompimiento de los enlaces presentes en la estructura de la protopectina, provocado por el gran suministro de energía. El efecto del pH se reflejó a 75°C y en el resto de los casos no hubo cambios significativos procedentes de variaciones en este factor. Adomako (26) reportó valores de AGA entre 33,2 y 36,2 g/100g en pectinas de cáscaras de cacao, inferiores a los obtenidos en el estudio. La pureza fue menor a la determinada en las pectinas procedentes de algunas fuentes no convencionales: 66,0 g/100g en pulpa de remolacha azucarera (27), 71,4 a 98,0 g/100g en cabezas de girasol (28), 63,07 a 67,13 g/100g en cáscaras de soya (22) y 60,66 a 71,65 g/100g en cáscaras de parchita (23).

### Contenido de metoxilo, grado de esterificación, peso equivalente y grado de gelificación de las pectinas extraídas

El contenido de metoxilo y el grado de esterificación de las pectinas extraídas (Tabla 2) indican predominio de pectinas de bajo metoxilo, las cuales se caracterizan por un grado de metilación menor a 7,0 g/100g (4, 23, 29) y un grado de esterificación menor a 50,0% (30). Adomako (11) reportó contenido de metoxilo de 3,6 a 4,9 g/100g y grado de esterificación entre 60,0% y 76,3% en pectinas de cáscaras de cacao. El grado de esterificación en el endocarpio de cacao fue 61,8% y para el exudado de cacao fue 68,0% (10). Espina y Moreno (24) reportaron grados de esterificación entre 45% y 69% en el mucílago del cacao tipo Criollo y 60% y 72% para el mucílago del cacao tipo Forastero. Fontes (10) reportó 458,2 y 470,2 g/equivalente de H<sup>+</sup> en pectinas del

endocarpio y del exudado de cacao, respectivamente, valores similares a los aportados en este estudio.

Un aspecto a considerar es el color pardo presente en los geles elaborados, causado por la presencia de compuestos fenólicos en la pectina extraída, lo cual sería una limitante de su uso, pues podría originar la aparición de colores no deseados en la matriz donde se utilice, su uso es recomendable en productos con colores oscuros, tales como mermeladas de fresa o confiterías a base de chocolate, entre otros. Es recomendable determinar el contenido de los compuestos fenólicos responsables de la coloración de la pectina y aplicar un paso adicional para tratar de eliminarlos, si es lo deseado.

Las pectinas con capacidad de formar geles presentaron mayor peso equivalente, contenido de metoxilo y grado de esterificación. Axelos y Thibault (31) señalan que la disminución del grado de esterificación aumenta la habilidad de formar geles en pectinas de bajo metoxilo comportamiento contrario al presentado en el estudio actual. Por tal razón, aquellas pectinas que mostraron capacidad gelificante y que a su vez presentaron un grado de esterificación mayor a 48%, son pectinas de alto metoxilo que forman geles consistentes con azúcar y ácido y podrían utilizarse en la elaboración de mermeladas, jaleas y demás alimentos que requieren de este tipo de producto. Por otra parte, aquellas que no lograron formar geles consistentes y presentaron un grado de esterificación entre 37,49% y 42,68% son pectinas de bajo metoxilo que podrían usarse en la elaboración de productos dietéticos, elaboración de yogures y espesantes de salsas, entre otros. Pilgrim y col. (29) señalan que el margen de clasificación de las pectinas entre alto y bajo metoxilo oscila entre 40,0% y 50,0%. No obstante, también existen otros factores que no fueron estudiados y que pueden influir en la capacidad gelificante, tales como el contenido de ramnosa, grupos acetilos y longitud de las cadenas, entre otros. En este sentido, Adomako (26) reportó un contenido de acetilos en cáscaras de cacao entre 5,2% y 5,6%. Axelos y Thibault (31) señalan que pesos moleculares bajos, presencia de ramnosa y grupos acetilos disminuyen la capacidad gelificante de las pectinas.

La pectina de mejor calidad se obtuvo a pH 4,0 y temperatura de 90°C, ya que además de su capacidad de formar geles en presencia de azúcar y ácido, presenta un rendimiento de 3,89 g/100g y una pureza de 62,26 g/100g de AGA.

#### **Aceptabilidad de una mermelada elaborada con pectina de cáscara de cacao**

De la prueba de aceptabilidad de la mermelada de fresa preparada con la pectina de cáscara de cacao considerada de mejor calidad (pH = 4,0 y T = 90 °C) se observó que el promedio del puntaje se ubicó en 6,27, lo que corresponde al nivel de agrado “Me gusta moderadamente”. Ello indica, que con la pectina extraída de cáscaras de cacao es posible fabricar productos como mermeladas y jaleas que podrían competir en

el mercado nacional. Los panelistas expresaron que la mermelada presentaba “falta de sabor a fresa”, “sabor muy ácido” y “sabor a mermelada de guayaba”. La posible causa de los defectos puede atribuirse al exceso de ácido cítrico, falta de madurez de la materia prima o simplemente una característica que el consumidor desea encontrar en una mermelada con sabor a fresa. La falta de consistencia reportada por algunos panelistas se podría mejorar al aumentar la cantidad de pectina, ya que la proporción usada (0,4%) dista del 0,80% máximo exigido por la normativa nacional (18). Las observaciones realizadas sobre el color de la mermelada de fresa preparada con la pectina de cáscara de cacao fueron en general calificadas como de “buen color”, lo que confirma que las pectinas obtenidas de la cáscara de cacao se pueden usar en aquellos productos con tonalidades oscuras, para así enmascarar su coloración parda sin que se afecte la calidad del producto final.

### **CONCLUSIONES**

A partir de cáscaras de cacao se pueden obtener pectinas con características químicas que podrían ser de interés para uso industrial, sin embargo, es necesario optimizar los parámetros de extracción para aumentar el rendimiento. Los niveles de pH y temperatura de extracción utilizados influyeron significativamente en las características químicas de las pectinas de cáscaras de cacao y a pH 4 y temperatura de 90°C se extrajo la pectina de mejor calidad, con la cual se preparó una mermelada cuyo nivel de agrado fue “me gusta moderadamente”, pero con aspectos mejorables para incrementar su aceptabilidad.

### **AGRADECIMIENTO**

Los autores agradecen al Decanato de Postgrado de la Universidad Simón Bolívar por el financiamiento concedido para el desarrollo de esta investigación y Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) del estado Miranda por las muestras donadas.

### **REFERENCIAS**

1. Cartay R. El cacao venezolano en el mercado mundial: situación mundial y perspectivas. [Informe final]. Venezuela: CONICIT Agenda Cacao, 1999.
2. López AS, Ferreira H, Llamosas A, Romeu A. Present status of cacao by-products utilization in Brazil. *Rev Theobroma* 1984; 14(4): 271-291.
3. Food and Agriculture Organization (FAO). Base de datos estadísticos de la FAO. FAOSTAT. Disponible en: [www.fao.org](http://www.fao.org). Acceso 15 Sep 2006.
4. Francis BJ, Bell J-MK. Comercial pectin: a review. *Tropical Sci* 1975; 17(1):25-44.

5. Badui S. Química de los alimentos. 3era ed. México: Addison Wesley Longman de México, S.A. de C.V., 1999.
6. Thakur BR, Singh RK, Handa AK Chemistry and uses of pectin – A Review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1997; 37 (1): 47-73.
7. Morillon V, Debeaufort F, Blond G, Capelle M, Voilley A. Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2002; 42 (1): 67-89.
8. Pastor C, Vargas M, González-Martínez C. Recubrimientos comestibles: aplicación a frutas y hortalizas. *Rev Alim Equip Tecnol* 2005; 197: 130-135.
10. Endress H-U. Nonfood uses of pectin. En: Walter RH. *The chemistry and technology of pectin*. California: Academic Press, Inc, 1991:251-268.
11. Fontes PR. Estudo da pectina do mel e da casca do fruto de cacao. *Rev Theobroma* 1972; 2(2): 49-51.
12. Adomako D. Cocoa pod husk pectin. *Phytochemistry* 1972; 11: 1145-1148.
13. Srirangarajan AN, Shrikhande AJ. Characterization of mango peel pectin. *J Food Sci* 1977; 42 (1): 279-280.
14. McCready RM. Pectin. En: Joslyn M. *Methods in Food Analysis*. Second edition. New York: Academic Press, 1970: 565-599.
15. McCready RM, McComb EA. Extraction and determination of total pectin materials in fruits. *Anal Chem* 1952; 24: 1986-1988.
16. Luh B, Dastur K. Texture and pectin in canned apricots. *J Food Sci* 1966; 31(2): 178-183.
17. Salazar E, Paz S, Mata M. Cuantificación y caracterización de pectinas en cáscara de mango. *Gest Tecnol* 1987; 6: 53-58.
18. Tressler DK, Woodroof JG. *Food products formulary*. Vol. 3. Connecticut - USA: The Avi Pub Company, INC, 1976.
19. COVENIN. 2592-89. Comisión Venezolana de Normas Industriales. *Mermeladas y Jaleas de Frutas*. Venezuela: Ministerio de Fomento.
20. Blakemore WR, Dewar ET, Hodge RA. Polysaccharides of the cocoa pod husk. *J Sci Food Agric* 1966; 17: 558-560.
21. Joslyn MA. The chemistry of protopectin: a critical review of historical data and recent developments. *Adv Food Res* 1962; 11:1-107.
22. Miyamoto A, Chang KC. Extraction and physicochemical characterization of pectin from sunflower head residues. *J Food Sci* 1992; 57: 1439 – 1443.
23. Monsoor MA, Proctor A. Preparation and functional properties of soy hull pectin. *J Am Oil Chem Soc* 2001; 78(7):709-713.
24. Corona M, Díaz A, Páez G, Ferrer JR, Mármol Z, Ramones E. Extracción y caracterización de pectina de la corteza de parchita. *Rev Fac Agron (LUZ)* 1996; 13: 785-791.
25. Espina EJ, Moreno MA. Factibilidad de producción de pectinas a partir del mucílago del cacao. [Trabajo especial de Grado para optar al título de Ingeniero Químico]. Barquisimeto, Venezuela: UNEXPO. Universidad Experimental Politécnica 2002.
26. Wang CC, Chang KC. Beet pulp and isolated pectin physicochemical properties as related to freezing. *J Food Sci* 1994; 59 (6): 1153-1154.
27. Adomako D. Chemical characterization of cocoa pectin. *Chem Ind* 1974; 21: 873-874.
28. Michel F, Thibault J-F, Mercier C, Heitz F, Pouillaude F. Extraction and characterization of pectins from sugar beet pulp. *J Food Sci* 1985; 50: 1499-1502.
29. Chang KC, Dhurandhar N, You X, Miyamoto A. Sunflower head residue pectin extraction as affected by physical conditions. *J Food Sci* 1994; 59(6): 1207-1210.
30. Pilgrim GW, Walter RH, Oakenfull DG. Jams, jellies, and preserves. En: Walter RH. *The chemistry and technology of pectin*. California: Academic Press, Inc, 1991: 23-50.
31. Hoefler AC. Other pectin in food products. En: Walter RH. *The chemistry and technology of pectin*. California: Academic Press, Inc, 1991:51 – 66.
32. Axelos MA, Thibault J-F. The chemistry of low-methoxyl pectin gelation. En: Walter RH. *The chemistry and technology of pectin*. California: Academic Press, Inc, 1991:109-118.

Recibido: 25-08-2007

Aceptado:07-02-2008