

EXTRACCIÓN DE PECTINA DEL FRUTO DEL HIGO (*Opuntia ficus indica*) Y SU APLICACIÓN EN UN DULCE DE PIÑA

EXTRACTION OF PECTIN FROM PRICKLY PEAR *Opuntia ficus indica* AND ITS APPLICATION IN THE DEVELOPMENT OF A PINEAPPLE SWEET

Sandra P. Chaparro¹, Ruby A. Márquez², Jenny P. Sánchez³, Mónica L. Vargas⁴, Jesús H. Gil⁵

¹ Químico de alimentos, Especialista y Magister en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Profesora Asistente. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Avenida Central del Norte, Tunja, e-mail: patricia.chaparro@uptc.edu.co; ² Licenciada en Biología y Química, Especialista en Bioquímica, Profesora Asistente. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Avenida Central del Norte, Tunja, e-mail: ruby.marquez@uptc.edu.co; ³ Químico de Alimentos; ⁴ Químico de alimentos; ⁵ Químico, Doctor en Ciencias Químicas, Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia -Sede Medellín-, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos. A.A.1779, Medellín, Colombia, e-mail: jhgilg@unal.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 18(2): 435-443, Julio-Diciembre, 2015

RESUMEN

En Colombia, el higo (*Opuntia ficus indica*) se cultiva en zonas áridas y semiáridas, con fines de abastecer el mercado interno y el de exportación; no obstante, durante el cultivo y la poscosecha, se producen daños y pérdidas considerables del fruto, que hacen necesario la búsqueda de alternativas, para el aprovechamiento de los frutos, en la cadena agroindustrial. En el presente estudio, se llevó a cabo la extracción de la pectina del fruto de higo y se empleó en la elaboración de un dulce tradicional de piña. Se realizó el análisis bromatológico y la extracción de pectina del fruto de higo en tres estados de maduración: verde, madurez intermedia y maduro, con resultados concordantes, con otros estudios previos. El rendimiento de la extracción de la pectina en estado verde fue de 9,14%, con un grado de esterificación del 62%, lo que indica que es una pectina de alto metoxilo y gelificación lenta, apta en la industria alimentaria, para la elaboración de conservas, como mermeladas y dulces, en general. La viscosidad del gel elaborado con la pectina comercial fue más fuerte que el de la pectina extraída del fruto de higo; sin embargo, cuando se elaboró un dulce de piña, usando la pectina extraída del higo, como agente gelificante y se comparó sensorialmente con un producto comercial de piña, se obtuvo niveles altos de aceptabilidad del producto procesado, en cuanto a color, olor, sabor y textura. En conclusión, de los frutos verdes del higo, se obtiene una pectina de alto metoxilo y gelificación lenta, que puede ser aprovechada

como materia prima en la elaboración de dulces de piña, con buena aceptación sensorial.

Palabras clave: Higo, gelificación, bocadillo.

SUMMARY

In Colombia, prickly pear (*Opuntia ficus indica*) is grown in arid and semi-arid areas for the domestic market and export. However, during the cultivation and postharvest fruit damage and significant losses are produced, for that reason it is necessary to find alternatives for the use of the fruit in the agro-industrial chain. In the present study prickly pear pectin was extracted and used in the preparation of a traditional pineapple jam. Compositional analysis and extraction of prickly pear fruit pectin in three states of maturation (green, intermediate and mature maturity) was conducted, with results consistent with previous studies. The extraction yield of pectin in green condition was 9.14% with a degree of esterification of 62%, indicating that is a high methoxyl pectin and slow gelation, suitable in the food industry for jams and candies. The viscosity of the gel elaborated with commercial pectin was stronger than that obtained with the extracted pectin from the prickly pear. However, when a pineapple jam was prepared using the prickly pear extracted pectin as a gelling agent, and was compared sensorially with a commercial product pineapple, high levels of product acceptability in terms of color, odor, taste and texture was

obtained. In conclusion, green fruits of prickly pear can be attained a high methoxyl pectin with slow gelation and can be utilized as raw material in the production of pineapple jam with good sensory acceptance.

Key words: Prickly pear, gelation, traditional sweet.

INTRODUCCIÓN

Opuntia ficus indica (L.) Miller. es una planta tropical, que pertenece a la familia Cactaceae, ampliamente distribuida en África, en Europa, en suroeste de Estados Unidos y en Suramérica; hay cerca de 258 especies reconocidas, 100, de las cuales, están en México, donde se registran 10.000 hectáreas cultivadas (Villabona *et al.* 2013). Este cactus crece de forma silvestre en regiones áridas y semáridas y su fruto (higo, en Colombia; tuna, en México y otros países) es fuente natural de carbohidratos, de proteínas, de grasa y de micronutrientes, como vitaminas y minerales, especialmente, calcio (Sepúlveda *et al.* 2007; Stintzing & Carle, 2005; McConn & Nakata, 2004); además, contiene pectinas, fitoquímicos y mucílagos (Hernández *et al.* 2011), que han sido estudiados, como coagulante natural, en la purificación de aguas (Beta-tache *et al.* 2014; Villabona *et al.* 2013). Se ha demostrado que los frutos tienen propiedades antiulcerogénicas (Galati *et al.* 2005), actividad antioxidante (Tesoriere *et al.* 2004; Gentile *et al.* 2004), antiinflamatoria (Park *et al.* 2001) y anticancerígena (Zou *et al.* 2005) y pueden ser usados para el tratamiento de gastritis, de hiperglicemia, de aterosclerosis y de diabetes (Agozzino *et al.* 2005). El fruto tiene potencial para ser usado en las industrias en muchos países, debido, principalmente, a su color atractivo, ocasionado por la presencia de pigmentos carotenoides y betalaínas, que varían desde el rojo hasta el amarillo (Stintzing & Carle, 2005). En Colombia, este fruto se consume directamente o en jugos y aunque prevalecen las pequeñas plantaciones con baja productividad y rentabilidad, se está incentivando su cultivo, por su potencial, dentro del que se encuentra un alto contenido de pectinas, un polisacárido del ácido galacturónico, que se encuentran en alta proporción en esta planta (Habibi *et al.* 2005). La pectina constituye cerca de la tercera parte (en base seca) de las paredes celulares de la mayoría de las frutas, siendo las cáscaras de manzana y los cítricos, la principal fuente comercial (10-15% y 20-30% peso en base seca, respectivamente) (Srivastava & Malviya, 2011); sin embargo, se han buscado nuevas fuentes alternativas de pectina para aprovechar los recursos naturales disponibles en los diversos ecosistemas; por lo tanto, se han aislado pectinas de tejidos vegetales y residuos o subproductos de plantas de procesamiento de frutas (Lira *et al.* 2014).

La pectina es un ingrediente importante en la industria alimentaria, donde es usado como gelificante en mermeladas y jaleas, espesante, emulsificante y estabilizante en produc-

tos lácteos, margarinas, mayonesa y salsas o sustitutos de la grasa en confitería y en helados (Casas *et al.* 2015). Este polisacárido, también se han usado para mejorar las propiedades mecánicas de las películas y recubrimientos de proteínas (Pérez *et al.* 2013). En particular, en la industria Colombiana, la pectina se emplea como gelificante de diversos dulces de fruta, como piña, mora y fresa. La piña, conocida como *Ananas comosus*, es el miembro más notable de la familia *Bromeliaceae* y es ampliamente cultivada en los países tropicales. Además, es una fruta exótica, que tiene gran demanda, para ser consumida en fresco, en pulpa, en concentrados, en productos deshidratados, en jugos, en enlatados, en mermeladas y en dulces (Hashib *et al.* 2015).

El objetivo de este trabajo fue caracterizar bromatológicamente el fruto de *O. ficus indica* y extraer la pectina, con fines de aplicación en la elaboración de un producto tradicional en Colombia, como es el bocadillo de piña.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron frutos de *O. ficus indica* provenientes del Municipio de Duitama-Boyacá (Colombia). El muestreo, se realizó al azar, obteniendo un total de tres lotes, cada uno de 5kg; los frutos fueron seleccionados por estado fitosanitario y clasificados, según las tablas de color de la cáscara empleadas por Cooprohigo (Asociación colombiana), en: verde (0-1), madurez intermedia (3-4) y maduro (5-6); posteriormente, los frutos se lavaron, se desinfectaron y se despulparon. Los análisis fisicoquímicos y proximales de la pulpa del fruto, se ejecutaron por triplicado, en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Los reactivos utilizados fueron de grado analítico.

Caracterización fisicoquímica y proximal del higo: Se determinó la acidez total (939.05) (AOAC, 2000), el pH, el contenido de ácido ascórbico (976.22) (AOAC, 2000), los sólidos solubles por refractometría y sólidos insolubles (AOAC, 2000) al fruto del cactus. El contenido de proteína cruda, humedad, cenizas, fibra cruda y grasa fueron determinados mediante los métodos estándar 979.09B, 945.09B, 923.03, 962.09E y 920.39C, respectivamente, (AOAC, 2000) y carbohidratos por diferencia.

Extracción y caracterización de la pectina: La extracción de la pectina, se llevó a cabo mediante el método de hidrólisis en medio ácido, ya que es el que maneja la industria en este tipo de proceso (Alegría *et al.* 2005; Untiveros, 2003). Se pesaron 80 g de pulpa de fruta y se disolvieron en agua (1 L) destilada caliente; seguidamente, se ajustó el pH a 2, con HCl 6 N y se sometió a calentamiento (85°C), durante 40 min; luego, se filtró la mezcla. El filtrado, se concentró hasta aproximadamente ¼ del volumen inicial, a 60°C (estufa VEB MLW). Al concentrado obtenido, se adicionó etanol absoluto (relación

en volumen 1:2) y se dejó en reposo durante 4 horas, hasta precipitación de la pectina; se filtró y el residuo fue lavado con etanol al 70 y 96% v/v. La pectina se secó en estufa a 60°C, por 2 horas, hasta peso constante; se determinó el rendimiento de la pectina en los frutos, con diferente grado de madurez. A la pectina obtenida del fruto con mayor rendimiento, se le determinó el grado de metoxilación (titulación con NaOH 0,1 N) (Untiveros, 2003), el grado de esterificación (método volumétrico) (Schultz, 1965) y la viscosidad, en un viscosímetro Brookfield LVDVE115 con acople #3, a una velocidad de tres revoluciones por minuto. Para esta última prueba, se prepararon 200mL de un gel estándar, compuesto por pectina extraída del higo (1%), azúcar, ácido y agua (65% SS, pH 3,4). Paralelamente, se elaboró un gel de las mismas características, pero usando una pectina comercial (pectina rápida 105) (CIMPA, 2013).

Elaboración y caracterización del dulce de piña: Para la elaboración del dulce, se seleccionaron, pelaron y escaldaron (95°C durante 10 min) 6kg piña, de la variedad perolera, con 13°Brix (madurez óptima) (Codex Alimentarius, 1993); se obtuvo la pulpa y se filtró, a través de un lienzo. Se sometieron a cocción 3kg de la pulpa extraída y se agregó el 15% del azúcar total, con el objeto de lograr la mayor inversión de la sacarosa, disminuir el riesgo de caramelización del edulcorante y facilitar la evaporación de agua, necesaria para lograr la concentración de sólidos, hasta alcanzar 45°Brix, agitando constantemente. Antes que la mezcla alcanzara 80°C, se adicionó la pectina seca, mezclada con el resto del azúcar; se continuó con el proceso de cocción, hasta alcanzar 72-75°Brix. Antes de finalizar la cocción, se ajustó el pH a 3,1 con ácido cítrico, de acuerdo con la metodología reportada por Camacho (2009). El producto se vertió en bandejas de metal, que fueron previamente engrasadas, hasta formar una capa de 2cm de espesor; se dejó enfriar el producto a temperatura ambiente, por 12 horas.

Caracterización del bocadillo: Al producto elaborado, se le realizaron pruebas de acidez, pH, grados Brix y análisis microbiológicos (bacterias aerobias mesófilas, hongos y *Escherichia coli*). El análisis sensorial, se llevó a cabo a través de una escala verbal-numérica tipo hedónica de cinco puntos –me gusta mucho (1) y no me gusta (5)–, para medir el grado de aceptabilidad del bocadillo de piña (Witting, 2001); se determinó la diferencia entre la muestra y un bocadillo de piña de marca comercial; los parámetros medidos fueron color, textura, sabor y aroma. Los productos fueron evaluados por 50 consumidores.

Análisis estadístico: Todas las determinaciones, se realizaron por triplicado. El análisis estadístico fue llevado a cabo usando Análisis de Varianza de una vía, con un valor de significancia de $P < 0.05$, usando la prueba de Tukey, para diferenciación de medias entre los estados de madurez.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis fisicoquímico y proximal del higo: En la tabla 1, se presentan los resultados de los parámetros fisicoquímicos y el análisis proximal, evaluados en la pulpa del fruto de higo, en tres estados de maduración. Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los estados de maduración ($P < 0.05$), en todas las pruebas realizadas. El fruto verde presentó el mayor valor de acidez, el cual, declinó con la maduración, debido a que los ácidos orgánicos son metabolizados o convertidos en azúcares, resultados que concuerdan con lo encontrado por Yahia & Mondragón (2011), en este mismo fruto (0,03 a 0,10%). El grado de madurez está íntimamente ligado al contenido de ácidos, de tal manera que, a medida que estos compuestos disminuyen, el contenido de sólidos solubles aumenta y el producto se ve afectado por la pérdida de la firmeza (Moreno *et al.* 2012). El contenido de ácido ascórbico (AA) en las frutas está en un rango entre 10 a 100mg/100g de pulpa (Cortes & Torija, 2003); en el caso del fruto analizado, se obtuvieron concentraciones máximas de 17,2 mg/100g, valor similar al reportado por Figueroa *et al.* (2010), en 12 variedades de higo, procedente de México (5-25 mg/100 g). Además, el contenido de AA en el higo fue mayor en comparación con frutas, como la guayaba (3,05mg/100g) (Medina & Pagano, 2003) y el banano (1,20-2,66g/100g) (Villalonga, 1995). El pH de la pulpa del fruto se fue incrementando a medida que madura el higo, lo que concuerda con los resultados de la acidez, que disminuyen con la maduración. El pH está dentro del rango de 5,1 a 5,3, similar a lo reportado por Sáenz (2000 pero más bajo que lo obtenido por Ochoa & Guerrero (2010), para el fruto de la *Opuntia ficus indica*; debido al pH alto, se afecta, de manera importante, la vida útil del fruto, en estado fresco y en el procesamiento. El contenido de sólidos solubles muestra un aumento con el desarrollo fisiológico del fruto, alcanzando valores medios entre 6 y 12°Brix, valores más bajos que los conseguidos por Ochoa & Guerrero (2012), en higo maduro (14°Brix) y Yahia & Mondragón (2011), en frutos de diversas variedades (11 a 15°Brix). El contenido de sólidos solubles totales está directamente relacionado con la firmeza y la aceptación del producto, así que, a medida que el fruto madura, el contenido de azúcares se incrementa, además de la dulzura y la aceptabilidad. En los sólidos insolubles, se observó una disminución conforme aumenta su grado de maduración, debido, posiblemente, a la degradación de los carbohidratos.

Los valores del análisis proximal variaron de acuerdo a lo encontrado por otros autores (Tegegne, 2005; Mataix & Mañas, 1998; Sawaya *et al.* 1983), lo que depende, posiblemente, de la variabilidad genética, el grado de madurez, las condiciones del suelo, el uso de fertilizantes, el clima y la disponibilidad de luz y agua, entre otros (Alegría *et al.* 2005).

Tabla 1. Análisis fisicoquímico y proximal* del higo, de acuerdo a su estado de maduración.

PARÁMETRO	VERDE	MADUREZ INTERMEDIA	MADURO
Acidez (%ácido cítrico)	0,156±0,022a	0,111±0,031b	0,010±0,021c
Ácido ascórbico (mg/100 g)	17,2±0,7a	11,9±0,4b	9,83±0,5c
pH	5,10±0,05c	5,26±0,08b	5,34±0,07a
Sólidos solubles (°Brix)	6,0±0,9c	9,3±0,8b	12,5±0,9a
Sólidos insolubles (%)	8,86±0,7a	7,40±0,8b	5,35±0,8c
Humedad (%)	85,14±0,18a	83,30±0,23b	82,18±0,15c
Cenizas (%)	1,12±0,28c	1,67±0,19b	2,28±0,12a
Proteína (%)	0,69±0,21c	1,39±0,17b	1,48±0,23a
Grasa (%)	0,53±0,27c	1,14±0,28a	0,61±0,16b
Fibra (%)	3,86±0,12a	3,14±0,16b	3,08±0,27c
Carbohidratos (%)	8,36±0,18c	9,16±0,16b	10,24±0,17a

*Valores expresados en base húmeda.

Los resultados muestran el promedio $\pm$ la desviación estándar. ANOVA de una vía: las letras diferentes indican diferencias significativas entre los diferentes estado de madurez del higo ($P < 0.05$).

El contenido de proteína presentó diferencia estadísticamente significativa en los tres estados de maduración ($P < 0,05$), siendo mayor para el fruto maduro, lo que puede ser ocasionado por la disminución de la humedad; además, el valor es alto, en comparación con lo obtenido por Sawaya *et al.* (1983); no obstante, se encuentra dentro de los valores reportados por Tegegne (2005). Igualmente, está dentro de los resultados hallados para otras frutas, como aguacate, chirimoya y kiwi (cerca del 1%); frambuesa y mora ($\approx 0,9\%$) o cereza (0,8%) (Mataix & Mañas, 1998). El contenido de fibra está dentro del 4,0%, reportado por Pérez (2003), pero los valores encontrados son más bajos comparados con el 11%, apreciado por Hernández-Urbiola *et al.* (2010), en cáscara de este fruto. En los carbohidratos, el mayor valor correspondió al fruto maduro, lo que concuerda con el contenido de fibra cruda que se va reduciendo con el tiempo, debido a la degradación, no sólo de estos compuestos sino también de carbohidratos poliméricos, como el almidón, en azúcares más simples (Aranceta, 2006). Los valores hallados, se registran dentro del rango (12-17%), encontrado por Yahia & Mondragón (2011) y son relativamente bajos, comparados con lo obtenido (16%), por Astiasarán (2003).

Extracción y caracterización de la pectina: En la pulpa de los frutos de madurez intermedia y maduros, el rendimiento de pectina fue de 0%; quizás, en los frutos se produce la degradación de la pectina a ácidos pépticos. Solamente, se caracterizó la pectina obtenida de la pulpa del fruto verde que, en dos etapas de extracción, alcanzó un porcentaje de rendimiento del 9,14%, en base seca; este valor es inferior al hallado por Lira *et al.* (2014), en la cáscara *Opuntia albicarpa* (9,8%) y por Habibi *et al.* (2005; 2004), en cáscara de *Opuntia ficus indica* (18,5; 12,4%, respectivamente); es posible, que influyen el órgano del fruto, a partir, del cual, se realiza la extracción, el grado de madurez del fruto, las características genéticas de cada variedad, el contenido de minerales y otras moléculas, que benefician la formación de estos compuestos y la presencia de estructuras que acompañan a las pectinas y que pueden llegar a afectar en el método de extracción usado (Alegria *et al.* 2005). El contenido de metoxilo de la pectina obtenida de pulpa de fruto verde fue de 7,6%, lo que corresponde a una pectina de alto metoxilo; mientras que el grado de esterificación obtenido fue de 62%, lo que indica, según Camacho (2009), que es una pectina de gelificación lenta, apta en la industria alimentaria, para la

elaboración de conservas, como mermeladas y dulces, en general.

Los resultados de la tabla 2 muestran que el gel elaborado con la pectina comercial es más fuerte que el de la pectina extraída del fruto, lo que concuerda con el grado de esterificación hallado (62%) y que para la pectina comercial, se registra en un rango de 68 a 75%; por lo tanto, esta última, presentó una gelificación instantánea, irreversible y firme.

Elaboración y caracterización del bocadillo de piña: Se realizaron tres formulaciones para elaborar el bocadillo; la primera (pulpa 50%, azúcar 50% y pectina extraída del higo 1%) se descartó, debido a que no gelificó; en la segunda formulación (pulpa 55%, azúcar 45% y pectina 1,5%), se aumentó la cantidad de pulpa y pectina, pero no fue suficiente para lograr un gel resistente, aunque se disminuyó el contenido de azúcar, mejorando el sabor, el color y el olor y la tercera formulación (pulpa 65%, azúcar 35% y pectina 2%) presentó

Tabla 2. Viscosidad de los geles elaborados con pectina extraída y comercial.

Pectina	pH	Temperatura del ensayo (°C)	°Brix	Viscosidad (Pas•s)
Higo	3,43±0,05	50±0,2	65	9,74±0,08a
Comercial	3,46±0,03	50± 0,2	65	14,45±0,07a

Los resultados muestran el promedio $\pm$ la desviación estándar. ANOVA de una vía: las letras diferentes indican diferencias significativas entre las pectinas ($P < 0.05$).

un gel consistente, fácil de cortar, con sabor, con color y con olor agradables, siendo ésta la definitiva, para la elaboración y la caracterización del bocadillo.

La tabla 3 contiene los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados al bocadillo de piña elaborado con la pectina extraída del higo. Aunque la acidez es más baja que lo sugerido por la norma, el pH y los grados Brix están dentro del rango. Los resultados microbiológicos demuestran que el producto es aceptable y que está dentro del rango establecido (ICONTEC, 2011); el análisis sensorial es un método importante para determinar la calidad y la aceptabilidad organoléptica de un producto. En la figura 1, se puede observar la diferencia entre el bocadillo de piña experimental (amarillo intenso) y el bocadillo comercial; en la figura 2, se observan los resultados del análisis sensorial. La muestra 1 pertenece al bocadillo de piña elaborado con la

pectina extraída del higo y la muestra 2, al bocadillo de piña comercial. Según la evaluación del color, se puede observar que el 74% de los consumidores calificó la muestra 1 como de alta aceptabilidad frente a un 8%, que calificó la muestra 2, con el mismo nivel de agrado; observando los demás porcentajes, para los diferentes valores de puntuación de las dos muestras, se evidencia un mayor porcentaje de aceptabilidad del color, para la muestra 1. En cuanto al olor, sobresalió la muestra 1, con 56% de alta aceptabilidad frente a un 16%, de la muestra 2. En la textura, el bocadillo elaborado con pectina de higo obtuvo un 44%, en “me gusta mucho” frente a un 26%, obtenido por el producto comercial. En el sabor, sobresale la muestra 1, con 80% frente a un 4%, de la muestra 2. En general, el bocadillo preparado con la pectina obtenida del cactus presentó mayor aceptabilidad, por parte de los consumidores.

Tabla 3. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del bocadillo de piña.

PARÁMETRO	RESULTADOS	RANGO ESTABLECIDO*
Acidez (%)	0,53±0,18	Min. 0,7 expresado en % ácido cítrico
pH	3,41±0,09	3,1-3,9
°Brix	75	74-81
Bacterias aerobias mesófilas	< 10 UFC/g	Máx. 200 UFC/g
Hongos	< 10 UFC/g	Máx. 100 UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	Ausente	Ausente

*Icontec (2011).



Figura 1. Bocadillo de piña elaborado con la pectina extraída (amarillo) y bocadillo comercial (rojo).

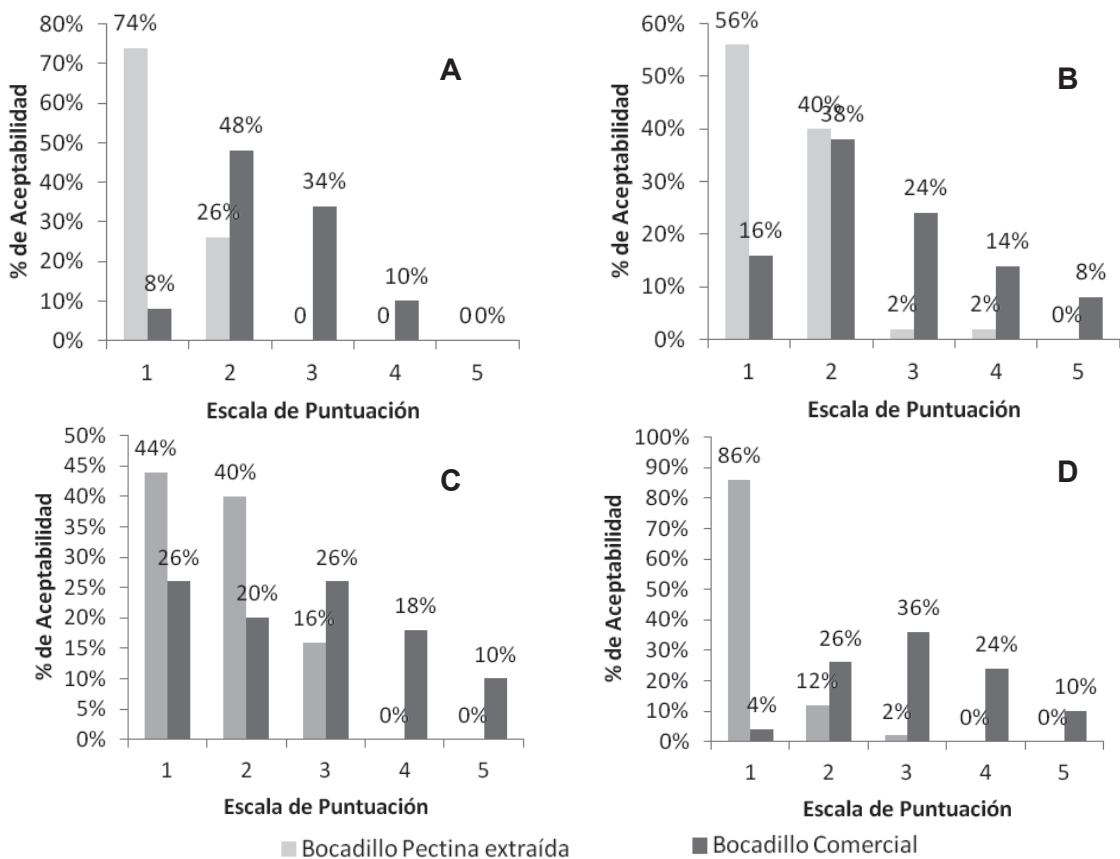


Figura 2. Resultados de aceptabilidad en bocadillos de piña comercial elaborados con pectina del fruto de *Opuntia ficus indica*: Color (A); Olor (B); Textura (C) y sabor (D). Escala de puntuación: 1=me gusta mucho, 2=me gusta, 3=me gusta moderadamente, 4=me gusta poco, 5=no me gusta.

Se concluye, que el fruto de la *Opuntia ficus indica* es una fuente de pectina con potencial para su aplicación en la industria alimentaria, como gelificante, espesante y estabilizante. Esta macromolécula fue extraída del higo en estado verde y presentó un contenido de metoxilo de 7,6%, un grado de esterificación de 62%, características de una pectina de alto metoxilo. Infortunadamente, se obtuvo un bajo rendimiento (9,1%), limitando así su posible uso en la industria, debido a que incrementaría los costos de producción en comparación con otras fuentes de pectina, como la cáscara de naranja y la manzana; sin embargo, el bocadillo de piña preparado con la pectina del higo presentó textura blanda, con olor y sabor característicos de esta fruta; además, en todas las características sensoriales de calidad (olor, color, textura y sabor), se observó un nivel de agrado y mayor preferencia por el bocadillo de piña elaborado con la pectina extraída de frutos de *O. ficus indica*, en comparación con el bocadillo de piña comercial.

Conflicto de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGOZZINO, P.; AVELLONE, G.; CERACULO, L.; FERRUGIA, M.; FILIZZOLA, F. 2005. Volatile profile of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) by SPME-GC/MS analysis. Ital. J. Food Scie. 17(3):341-348.
2. ALEGRÍA, P.; JORDAN, J.; HOYOS, S.; OLGA, L.; PRADO, C.; JULIAN, A. 2005. Evaluación del comportamiento de la pulpa del fruto del zapote (*Matisia cordata*) frente a procesos de transformación agroindustrial. Rev. Fac. Cien. Agropec. 3(1):42-46.
3. ARANCETA, J. 2006. Frutas, verduras y salud. España. Editorial Elsevier. p.2-5.
4. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY -AOAC-. 2000. Official Methods of Analysis. Edición 11. Estados Unidos; 1115p.
5. ASTIASARÁN, I. 2003. Alimentos y Nutrición en la Práctica Sanitaria. España. Ediciones Díaz de Santos S.A. p.30 -31.
6. BETATACHE, H.; AOUBABED, A.; DROUICHE, N.; LOUNICI, H. 2014. Conditioning of sewage sludge by prickly pear cactus (*Opuntia ficus Indica*) juice. Ecol. Eng. 70:465-469.
7. CAMACHO, G. 2009. Procesamiento y conservación de frutas. [on line]. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Disponible desde Internet en: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/.../p3.htm> (con acceso 30/06/2014).
8. CASAS, D.; VILLA, A.; BUSTAMANTE, F.; GONZÁLEZ, L. 2015. Process development and simulation of pectin extraction from orange peels. Food Bioprod. Process. 96:86-98.
9. CIMPA. 2013. Ficha técnica pectina rápida 105. [Artículo de internet]. <http://cimpaltda.com/modulo/quimicos/pectina%20rapida%20105.pdf>.
10. CODEX ALIMENTARIUS. 1993. Norma para la Piña. (CODEX STAN 182-1993) Disponible desde Internet en: www.codexalimentarius.net/download/standards/313/CXS_182s.pdf (con acceso 22/06/2014).
11. CORTES, M.; TORIJA, E. 2003. Frutas y Verduras fuentes de salud. Departamento de Nutrición y Bromatología II. Bromatología. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. p.13-67.
12. FIGUEROA, I.; MARTÍNEZ, M.T.; RODRÍGUEZ, E.; COLINAS, M.; VALLE, S.; RAMÍREZ, S.; GALLEGOS, C. 2010. Contenido de pigmentos, otros compuestos y capacidad antioxidante en 12 cultivares de tuna (*Opuntia ssp*) de México. Agrociencia. 44:763-771.
13. GALATI, E.; MONDELLO, M.R.; LAURIANO, E.R.; TAVIANO, M.F.; GALLIZO, M.; MICELI, N. 2005. *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. fruit juice protects liver from carbon tetrachloride-induced injury. Phytother. Res. 19(9):796-800.
14. GENTILE, C.; TESORIERE, L.; ALLEGRA, M.; LIVREA, M.A.; D'ALESSIO, P. 2004. Antioxidant betalains from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) inhibit endothelial ICAM-1 expression. Ann. NY Acad. Sci. 1028:481-486.
15. HABIBI, Y.; HEYRAUD, A.; MAHROUZ, M.; VIGNON, M.R. 2004. Structural features of pectic polysaccharides from the skin of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. Carbohydr. Res. 339(6):1119-1127.
16. HABIBI, Y.; MAHROUZ, M.; VIGNON, M. 2005. Isolation and structural characterization of protopectin from the skin of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. Carbohydr. Polym. 60(2):205-213.

17. HASHIB, S.; RAHMAN, N.; SUZHAQUE, M.U.; IBRAHIM, U.; HANIF, N. 2015. Effect of slurry concentration and inlet temperature towards glass temperature of spray dried pineapple powder. *Procedia – Soc. Behav. Sci.* 195:2660- 2667.
18. HERNÁNDEZ, M.; PÉREZ, E.; RODRÍGUEZ, M. 2011. Chemical analysis of nutritional content of prickly pads (*Opuntia ficus indica*) at varied ages in an organic harvest. *Int J Environ. Res. Public. Health.* 8(5):1287-1295.
19. HERNÁNDEZ-URBIOLA, M.I.; CONTRERAS-PADILLA, M.M.; PÉREZ-TORRERO, E.; HERNÁNDEZ-QUEVEDO, G.; ROJAS-MOLINA, J.I.; CORTES, M.E.; RODRÍGUEZ-GARCÍA, M.E. 2010. Study of nutritional composition of nopal (*Opuntia ficus indica* cv. Redonda) at different maturity stages. *Open Nutr. J.* 4:11-16.
20. ICONTEC. 2011. Norma Técnica Colombiana 5856. p.5.
21. LIRA, A.L.; RESÉNDIZ, F.; RÍOS, E.; CONTRERAS, J.C.; CHAVARRÍA, N.; VARGAS, A.; RODRÍGUEZ, A. 2014. Pectins from waste of prickly pear fruits (*Opuntia albicarpa* Scheinvar 'Reyna'): Chemical and rheological properties. *Food Hydrocolloid.* 37:93-99.
22. MATAIX, J.; MAÑAS, M. 1998. Tabla de composición de alimentos españoles. 3ª ed. Ed. Universidad de Granada. España. p.15-20.
23. McCONN, M.; NAKATA, P. 2004. Oxalate reduced calcium availability in the pads of the prickly pears cactus through formation of calcium oxalate crystals. *J. Agric. Food Chem.* 52(5):1371-1374.
24. MEDINA, B.; PAGANO, G. 2003. Caracterización de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) tipo "Criolla Roja". *Rev. Fac. Agron.* 20(1):283-294.
25. MORENO, A.; CORTÉS, C.; YAHUACA, B. 2012. Evolución de indicadores de calidad de guayaba almacenada en frigorífico. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Disponible desde Internet en: <http://dieumsnh.qfb.umich.mx/indicadores.htm> (con acceso 23/03/2014).
26. OCHOA, C.; GUERRERO, J. 2012. Efecto del almacenamiento a diferentes temperaturas sobre la calidad de tuna roja (*Opuntia ficus indica* (L.) Miller). *Inform. Tecnológica.* 23(1):117-128.
27. PARK, E.H.; KAHNG, J.H.; LEE, S.H.; SHIN, K.H. 2001. An anti-inflammatory principle from cactus. *Fitoterapia.* 72(3):288-290.
28. PEREZ, C.D.; DE NOBILLA, M.D.; RIZZO, S.A.; GERSCHENSON, L.N.; DESCALZO, A.M.; ROJAS, A.M. 2013. High methoxyl pectin-methylcellulose films with antioxidant activity at a functional food interface. *J Food Eng.* 116:162-169.
29. PÉREZ, L. 2003. Composición química proximal de variedades de nopal cultivado. Instituto de Ecología y Alimentos de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. *Rev. Fac. Salud Públ. Nutr. Ed. Especial No.3:*28-31.
30. SÁENZ, C. 2000: Processing technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia* spp) fruits and cladodes. *J. Arid Environm.* 46:209-225.
31. SAWAYA, W.N.; KHATCHADOURIAN, H.A.; SAFI, W.M.; AL-MUHAMMAD, M. 1983. Chemical characterization of prickly pear pulp, *Opuntia ficus indica* and the manufacturing of prickly pear jam. *J. Food Tech.* 18(2):183-193.
32. SCHULTZ, T. 1965. Determination of the degree of esterification of pectin, determination of the ester methoxyl content of pectin by saponification and titration. *Meth. Carbohyd. Chem.* 5:189-198.
33. SEPÚLVEDA, E.; SÁENZ, C.; ALIAGA, E.; ACEITUNO, C. 2007. Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. *J. Arid Environ.* 68:534-545.
34. SRIVASTAVA, P.; MALVIYA, R.; 2011. Sources of pectin, extraction and its applications in pharmaceutical industry – an overview. *Indian J. Nat. Prod. Resour.* 2:10-18.
35. STINTZING, F.; CARLE, R. 2005. Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *Mol. Nutr. Food Res.* 49(2):175-194.
36. TEGEGNE, F. 2005. Nutritional value of *Opuntia ficus-indica* as a ruminant feed in Ethiopia. FAO Corporate Document Repository. Disponible desde internet en: <http://www.fao.org/docrep/005/Y2808E/y2808e0e.htm> (con acceso 18/02/2014).
37. TESORIERE, L.; BUTERA, D.; PINTAUDI, A.M.; ALLEGRA, M.; LIVREA, M.A. 2004. Supplementation with cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit decreases oxidative stress in healthy humans: A comparative

- study with vitamin C. Am. J. Clin. Nutr. 80(2):391-395.
38. UNTIVEROS, G. 2003. Obtención y Caracterización de pectinas de alto y bajo metoxilo de la manzana variedad Pachacamac. Rev Soc Quím. Peru. 69(3):155-162.
39. VILLABONA, A.; PAZ, I.C.; MARTÍNEZ, J. 2013. Caracterización de la *Opuntia ficus indica* para su uso como coagulante natural. Rev. Col. Biotecnol. 15(1):137-144.
40. VILLALONGA, A. 1995. Caracterización fisicoquímica en algunas variedades de banana. Cátedra de Química I. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Rev. Fac. Agron. 12(1):95-107.
41. WITTING, E. 2001. Evaluación Sensorial. Una metodología actual para Tecnología de Alimentos. Biblioteca Digital de la Universidad Santiago de Chile. Disponible desde internet en: http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/wittinge01/index.htm (con acceso 25/02/2014).
42. YAHIA, E.; MONDRAGÓN, C. 2011. Nutritional components and anti-oxidant capacity of ten cultivars and lines of cactus pear fruit (*Opuntia* spp.). Food Res. Int. 44(7):2311-2318.
43. ZOU, D.; BREWER, M.; GARCÍA, M.; FEUGANG, J.M.; WANG, J.; ZANG, R.; LIU, H.; ZOU, C. 2005. Cactus pear: A natural product in cancer chemoprevention. Nutr J. 4(25):25-36.

Recibido: Julio 31 de 2014
Aceptado: Septiembre 8 de 2015

Cómo citar:

Chaparro, S.P.; Márquez, R.A.; Sánchez, J.P.; Vargas, M.L.; Gil, J.H. 2015. Extracción de pectina del fruto del higo (*Opuntia ficus indica*) y su aplicación en un dulce de piña. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 18(2): 435-443.