

Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero

Hidrólisis ácida de la pulpa de cardón dato (*Lemaireocereus griceus*) en la extracción de pectina

Acid hydrolysis of the pulp of cardon datum (*Lemaireocereus griceus*) in the extraction of pectin

Mitchell José Toyo-Díaz

mitjose@gmail.com

Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Falcón
Venezuela

<https://orcid.org/0000-0001-7203-3723>

Betsay María Toyo-Fernández

btoyofernandez@gmail.com

Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Falcón
Venezuela

<https://orcid.org/0000-0001-9679-747X>

María Eugenia Moreno-Quintero

mariomoreno@gmail.com

Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Falcón
Venezuela

<https://orcid.org/0000-0003-2254-7739>

Recibido: 20 de septiembre de 2020

Revisado: 20 de octubre de 2020

Aprobado: 15 de diciembre de 2020

Publicado: 01 de enero de 2021

Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero

RESUMEN

La presente investigación, tuvo como objetivo estudiar hidrólisis ácida de la pulpa de cardón dato (*Lemnairecereus griceus*) en la extracción de pectina. Se cosecharon 20 brazos de cardón dato silvestre y se analizaron de forma fisicoquímica. Se realizó un diseño factorial multinivel para experimentar las condiciones: pH (1,5; 2 y 2.5), tiempo (30; 40 y 50 min) y temperatura (75; 80 y 85 °C), la variable respuesta fue el rendimiento. El reporte análisis fisicoquímico fue: humedad 95,08%±0,33, sólidos totales: 4,20±0,321, pH 5,47±0,06, proteína cruda 3,65±0,25, azúcares totales 15,50%±0,032 y cenizas totales 0,99%±0,001. Según el ANOVA, se obtuvo un rendimiento de 6,04% con relación a una temperatura de 80°C, pH de 1,5 y tiempo de 50 minutos, siendo estas las mejores que maximizan la extracción. La pectina obtenida, es de alto metóxilo lo que indica buena gelificación. Se concluye, que es posible la extracción de esta sustancia a las condiciones estudiadas.

Palabras Clave: Pectinas; extracción; diseño factorial; gelificación. (Tesauro AGROVOC)

ABSTRAC

The objective of this research was to study the acid hydrolysis of the pulp of the Cardon Datum (*Lemnairecereus griceus*) in the extraction of pectin. 20 branches of wild cardón datum were harvested and analyzed physicochemically. A multilevel factorial design was carried out to experiment with the conditions: pH (1.5; 2 and 2.5), time (30; 40 and 50 min) and temperature (75; 80 and 85 °C), the response variable was yield. The physicochemical analysis report was: humidity 95.08%±0.33, total solids: 4.20±0.321, pH 5.47±0.06, crude protein 3.65±0.25, total sugars 15.50%±0.032 and total ashes 0.99%±0.001. According to the ANOVA, a yield of 6.04% was obtained in relation to a temperature of 80 °C, pH of 1.5 and a time of 50 minutes, these being the best ones that maximize extraction. The pectin obtained is high methoxyl, which indicates good gelation. It is concluded that it is possible to extract this substance under the conditions studied.

Keywords: Pectinas; extraction; factorial design; jellification. (AGROVOC Thesaurus).

Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero

INTRODUCCIÓN

A nivel industrial, las pectinas son extraídas de la pulpa de manzana, cáscaras de frutos cítricos principalmente naranja y limón, así como, residuos de la industria azucarera (remolacha), y aceitera (girasol) entre otras plantas (Pérez *et al.*, 2012). El requerimiento de pectinas en el mundo está en constante incremento, sobrepasando las 20,000 toneladas por año (Arellanes *et al.*, 2011). La exigencia de tales insumos en la industria alimentaria hace que la búsqueda de materia primas alternativas y rentables, sea una tarea incesante para la ciencia, particularmente en aquellos países con elevado consumo y altos niveles de importación del producto comercial, de allí la imperiosa necesidad de evaluar de especies xerófitas cosechadas de ambientes semiáridos.

El cardón dato (*Stenocereus griceus*), es una especie ampliamente distribuida en las regiones áridas y semiáridas de Venezuela, esta condición ha hecho que el estado Falcón permita el cultivo y desarrollo de plantas xerofitas. Este cactus, ha constituido un recurso utilizado para satisfacer necesidades alimenticias a personas y la pulpa columnar para el tratamiento clarificador de aguas y alimento para animales (Fuentes *et al.*, 2019). Ahora bien, estudios sugieren que las paredes celulares de estas plantas pueden encontrarse polisacáridos de tipo mucilaginoso parecidos a la pectinas (Chasquivol *et al.*, 2008).

Estudios han reportado, que es viable la extracción de pectina empleando biomasa vegetal aplicando metodologías que implementan hidrólisis ácida obteniéndose rendimientos y calidad aceptables. La pectina, es un polisacárido empleado como aditivo natural en diversas industrias de alimentos, como gelificante, espesante, estabilizante y emulsificante, para obtener bebidas lácteas, bocadillos, dulces, galletas, gelatinas, gomitas, helados, mermeladas, postres, yogur, entre otros (Moreno, 2018). La investigación busca obtener pectina empleando la pulpa de cardón dato aplicando hidrólisis ácida, como una búsqueda de fuentes alternativas para realizar extracciones de este tipo y que conlleven a un mejor aprovechamiento de esta especie vegetal.

Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero

MATERIALES Y METODOS

Materia vegetal

Se utilizaron plantas de cardón dato de la especie *Stecnocereus griceus* tipo columnar, provienen del sector la Auteria, municipio Miranda, estado Falcón. Se seccionaron al azar 20 brazos con un peso promedio de dos kilogramos cada uno aproximadamente, los mismos se encontraban en buenas condiciones físicas y sanitarias. Las muestras se colocaron en cajas plásticas y se trasladaron al laboratorio para su procesamiento y análisis.

Métodos analíticos de caracterización de la materia prima

La pulpa de cardón dato en su estado inicial se analizó por triplicado, determinando los parámetros fisicoquímicos aplicando metodologías normalizadas que se especifican en la Tabla 1.

Tabla 1.

Métodos normalizados para el análisis fisicoquímico de la pulpa de cardón dato.

| Parámetros | Normas de referencia |
|------------------|----------------------|
| Humedad | COVENIN 1156-79 |
| pH | COVENIN 1315-79 |
| Proteína cruda | AOAC, 2057 |
| Azúcares totales | COVENIN 1301-83 |
| Cenizas totales | COVENIN 1155 – 79 |

Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero

Preparación de las muestras de cardón dato

Se empleó la metodología sugerida por Bozo y García (2005), para acondicionar el material a la extracción. Para estos fines, las secciones columnares de cardón dato se le retiraron las espinas y se lavaron con agua y agua clorada. Posteriormente, se le retiró la corteza y se obtiene la pulpa o parenquima al cual se le retiró el contenido medular interno. Se procesó la pulpa mediante una molienda hasta una homogenización total. Se realizó un tratamiento térmico calentando la biomasa en agua en una proporción 1:2 a una temperatura de 90°C durante 10 minutos para inactivar las enzimas pectinesterasas y evitar la degradación de la pectina (Vásquez *et al.*, 2008). Posteriormente, se enfrió a temperatura ambiente y se filtró. La pulpa de cardón se deshidrató hasta que 10% humedad utilizando una estufa de aire forzado empleando una temperatura de 60°C y un tiempo de 24 horas (Zegada, 2015). Finalmente, se realizó molienda y tamizado del producto seco.

Extracción de pectina por hidrólisis ácida, condiciones de referencia y diseño de experimentos

Se realizó un diseño de experimento factorial multinivel para la hidrólisis ácida como el pH, tiempo y temperatura, cada uno con tres niveles (Tabla 2), aplicando un arreglo factorial 3³. Como variable respuesta se estableció el rendimiento de pectina extraída. La separación de la pectina se realizó, con referencia a la metodología aplicada por Moreno *et al.* (2017). En un beaker de 500mL, se colocaron 30 gramos a pulpa de cardón dato preparado y seco y se le adicionó 200mL agua destilada y se agitó. Se utilizó ácido clorhídrico concentrado para ajustar el pH y diferentes temperaturas y tiempos (tabla 2). La mezcla se agitó constantemente durante la hidrólisis y al término del tiempo programado, se filtró el residuo con un liencillo y el líquido obtenido se enfrió a temperatura ambiente. Al líquido, se le adicionó de etanol absoluto en proporción 1:1,5 y agitó constantemente dejando en reposo por 12 horas para precipitar la pectina que se evidenció como un sólido gelatinoso que luego se filtró nuevamente. El producto se secó

Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero

en una estufa a una temperatura de 60°C hasta peso constante. Finalmente, se realizó la molienda de la pectina para obtener un polvo.

Tabla 2.

Factores y niveles para la extracción de pectina de la pulpa cardón dato.

| Factores | Niveles | | |
|------------------|---------|-------|------|
| | Bajo | Medio | Alto |
| pH | 1,5 | 2 | 2,5 |
| Tiempo (min) | 30 | 40 | 50 |
| Temperatura (°C) | 75 | 80 | 85 |

Análisis de la pecina fisicoquímico de la pectina y métodos

La pectina extraída de la pulpa del cardón dato, se analizó para su determinar calidad mediante indicadores de pureza y propiedades gelificantes, esto define el desempeño de la pectina en la elaboración de productos (Zegada, 2015). La tabla 3, detalla los parámetros determinados:

Tabla 3.

Métodos normalizados para la caracterización fisicoquímica de la pectina.

| Parámetros | Método | Referencia |
|-------------------------|---------------------|--------------------------------|
| Contenido metóxilo | Volumétrico | |
| Ácido galacturónico | Titulación con NaOH | Mendoza <i>et al.</i> , (2017) |
| Grado de esterificación | | |

Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de los ensayos de la extracción de pectina de la pulpa de cardón de dato, se analizaron mediante el análisis de varianza, para determinar la significancia de los factores experimentales referenciados de acuerdo a sus niveles en el proceso de extracción de pectina. Para ello, se utilizó el paquete estadístico Statgraphic Centurión XV, versión 15.2.06.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al caracterizar la pulpa de cardón dato, se determinaron parámetros de interés para la investigación. En la tabla 4, se presentan los resultados obtenidos y su comparación con otras materias primas usadas con el mismo fin.

Tabla 4.

Resultados de la caracterización fisicoquímica de la pulpa de cardón dato.

| Parámetros | Pulpa cardón dato | Referencia comparativa | | | |
|----------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | | Cáscara de Mango ¹ | Cáscara de Naranja ² | Cáscara de Cacao ³ | Bagazo de sábila ⁴ |
| Humedad (%) | 95,80±0,32 | 80,00±2,0 | 85,9 ± 1,6 | 8,17±0,52 | 5,926 ± 0,87 |
| pH | 5,47±0,06 | - | 3,93 ± 0,03 | - | 6,438 ± 0,01 |
| Proteína cruda (%) | 3.65±0,25 | 0,50±0,1 | 6,16 ± 0,23 | 4,59±0,52 | 0,701 ± 0,01 |
| Azúcares totales (%) | 15.5±0,2 | 9,33±1,53 | 3,8 ± 0,3 | 45,52 | - |
| Cenizas totales (%) | 0,99±0,01 | 9,17±0,76 | 3,29 ± 0,19 | 8,59±0,07 | 4,918 ± 1,57 |

Fuentes: 1- Cáscara de mango: Fustamante y Valdera (2019); 2- Cáscara de naranja: Cerón *et al.* (2011); 3- Cáscara de cacao: Castillo *et al.* (2018); Bagazo de sábila Moreno *et al.* (2017); (-) No reportado por los autores

Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero

La pulpa de cardón dato, presenta un contenido de humedad alto comparado con el existente en la cascara de mango, naranja, cacao y bagazo de sábila, debido a su análisis en base húmeda. En estudios de este tipo, se emplea el soporte deshidratado, para minimizar la actividad enzimática que pueden iniciar el deterioro de los componentes estructurales como hidratos de carbono, pectina entre otros. Al respecto la literatura refiere que humedad inferior al 10% previene el deterioro del soporte, evitando el crecimiento de flora microbiana, el cual es otra variable que puede controlarse mediante un secado del material vegetal (Prescott *et al.*, 1999).

El pH de la pulpa del cardón dato es ácido y es mayor al reportado en la cáscara de naranja, también se encuentra muy cercano al reportado al del bagazo de sábila. Este parámetro se relaciona con los ácidos orgánicos de su composición química (Fuentes *et al.*, 2011). En soportes con aplicación péctinica este indicador, puede relacionarse la presencia de ácidos galaturónicos, que es la principal unidad básica de la pectina (Rodríguez y Zepeda, 2016).

El contenido de proteínas totales en el cardón dato, es superior al reportado para cáscara de mango y bagazo de sábila, pero es bajo en comparación con el contenido en la cáscara de mango y cacao. Este parámetro indica que el cardón dato, tiene valor nutritivo pudiéndose utilizar como fuente de alimentación (Saenz *et al.*, 2006). El contenido de azúcares totales en la pulpa de cardón dato, es similar al reportado en la cáscara de naranja y su vez superior al contenido en la cáscara de mango y cáscara de cacao. Este parámetro, es reflejo de los hidratos de carbono existentes en este material y que se pueden relacionar indirectamente el contenido pectina y otros polisacáridos complejos (Saavedra, 2015).

La pulpa de cardón dato presenta un contenido de ceniza por debajo a lo reportado en los demás materiales referenciados. Este parámetro representa el contenido de minerales en las materias primas y está en dependencia a las condiciones del terreno donde se haya cultivado esta plantas (Zúñiga y Gutiérrez, 2010). El contenido de

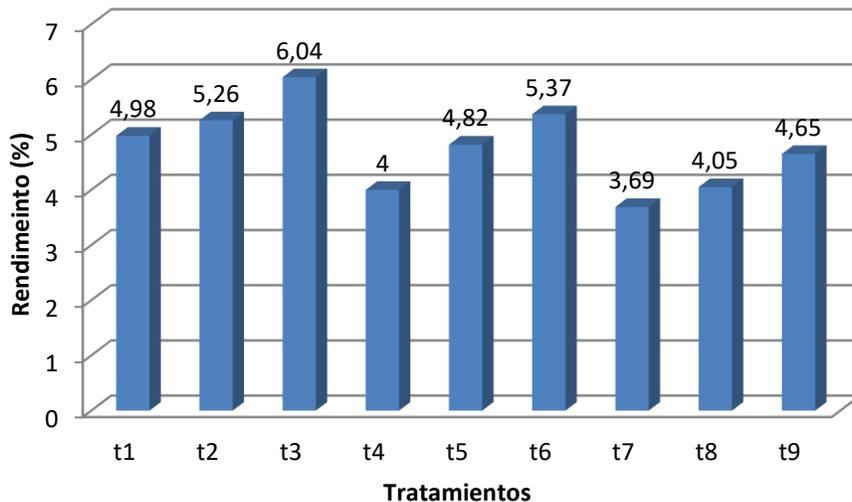
Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero

cenizas en materiales con fines de extracción de pectina afecta la habilidad de la esta sustancia de gelificarse (Miyamoto y Chang, 1992).

Al comparar los parámetros fisicoquímicos de la pulpa de cardón dato, con referencia a los reportados otras materias primas donde se extrae pectina, se evidencia el mismo reúne condiciones físicas y de composición para ser utilizado para similar propósito.

Rendimiento de pectina de acuerdo a las condiciones de referencia

En la figura 1, se presentan los rendimientos de la pectina de la pulpa de cardón de dato a las condiciones de extracción a las estadísticamente significativas según el ANOVA ($P < 0,05$)



| | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| pH | 1,5 | 2 | 2,5 |
| Tiempo (min) | 30 40 50 | 30 40 50 | 30 40 50 |

Figura 1. Rendimientos de pectina a diferentes condiciones de pH, tiempo y temperatura de 80°C.

Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero

Puede observarse que a una temperatura de 80°C ($P < 0,05$), el tratamiento T₇ (pH 2,5 y tiempo 30min) presentó el menor rendimiento con un 3,69%, mientras que el tratamiento T₃ (pH 1,5 y t= 50 min) permitió una mayor extracción con un 6,04%. Con base a estos resultados, se determina mayor rendimiento al aplicar pH más bajos y mayores tiempos en la hidrólisis. Este comportamiento fue similar al obtenido por Fustamante y Valdera (2019) en la extracción de pectina de los residuos de mango, así como, Urango *et al.* (2018) que empleó cáscara de Maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*) y Moreno *et al.* (2017) utilizando residuos de sábila.

En la tabla 5, se precisa el análisis estadístico (ANOVA) para un nivel de confianza del 95%, que el pH, tiempo, temperatura y la interacción pH-temperatura son significativos ($p < 0,05$). Ahora bien, las interacciones: pH, pH-tiempo, tiempo, tiempo, tiempo-temperatura y temperatura no resultaron significativos ($P > 0,05$), su efecto, no aporta diferencias que maximicen los rendimientos. El estadístico R-Cuadrado muestra que el modelo, así ajustado, explica 95,4461% de la variabilidad en Rendimiento. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos este valor se ubicó en 2,5.

Tabla 5.
 Análisis de varianza para la extracción de pectina de cardón dato.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| A:pH | 24,519 | 1 | 24,519 | 169,55 | 0,0000 |
| B:Tiempo | 14,2632 | 1 | 14,2632 | 98,63 | 0,0000 |
| C:Temperatura | 80,7901 | 1 | 80,7901 | 558,68 | 0,0000 |
| AC | 2,7676 | 1 | 2,7676 | 19,14 | 0,0001 |
| Bloques | 0,00311296 | 1 | 0,00311296 | 0,02 | 0,8840 |

Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero

| | | | |
|--------------------------------|---------|------------|---------|
| Error total | 6,94128 | 48 | 0,14461 |
| Total (corr.) | 129,284 | 53 | |
| R-cuadrada (%) | | 95,4461 | |
| Estadístico Durbin-Watson (DW) | 2,50401 | (P=0,8839) | |

En la Figura 2, se observa el diagrama de Pareto para la variable respuesta rendimiento de pectina extraída de la pulpa de cardón dato. En la misma se muestran los efectos de las variables y sus interacciones. El signo positivo, indica que la variable independiente influye en la variable respuesta, en la medida que este se incrementa y el signo negativo indica lo contrario.

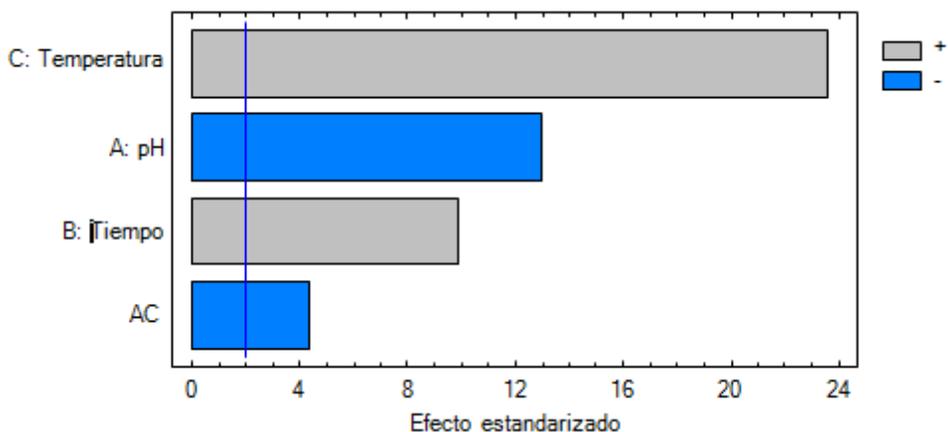


Figura 2. Diagrama de Pareto estandarizado de los factores en la hidrolisis.

Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero

De acuerdo a lo anterior, se verifica la influencia de la temperatura y el tiempo son significativos en la extracción de la pectina para maximizar el rendimiento al aumentarse los niveles de los mismos, no siendo así para el pH y la interacción pH-temperatura, esto indica, que el incremento de estos factores minimiza el rendimiento.

En la Figura 3, se muestran los efectos principales de los factores estudiados sobre el rendimiento de pectina, de allí se precisa que a tiempos y temperaturas altos se obtenga una máxima extracción, en cuanto al pH su efecto es mayor cuando es más bajo.

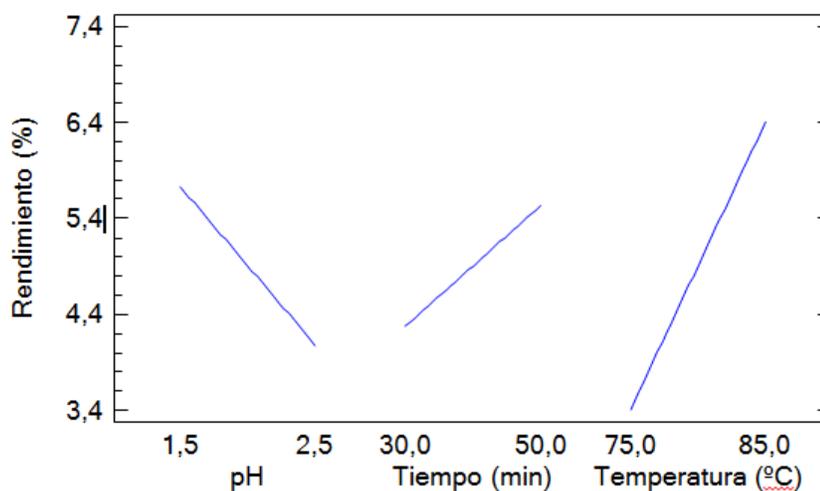


Figura 3. Efectos de los factores en el rendimiento de pectina. Hidrolisis ácida.

En síntesis, con base a los resultados experimentales se determinó que es posible la extracción de la pectina a la pulpa de cardón dato implementado el método de hidrólisis ácida en las condiciones señaladas anteriormente.

Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero

Evaluación del rendimiento y calidad de la pectina obtenida de las materiales

En la Tabla 6, se reportan los rendimientos y las características físicoquímicas de las pectinas extraídas del cardón dato y se compara con los resultados de otras investigaciones en la misma temática.

Tabla 6.

Comparación de la pectina extraída con otras reportadas.

| Parámetros | 1 | Referencia comparativa | | | | |
|-----------------------------|------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Rendimiento (%) | 6,04±0,04 | 11 | 49,7 | 23,04 | 11,45 | - |
| Contenido metóxilo (%) | 6,39±0,30 | 5.75 | 1,80 | 2,89 | 14,88 | <6,70 |
| Ácido galacturónico (%) | 40,77±1,94 | - | 37,11 | 78,19 | 68,64 | < 65 |
| Grado de esterificación (%) | 79,01±0,01 | 63.00 | 72,43 | 63,45 | 61,43 | 81,5 |

Fuentes: 1- Pulpa de cardón dato; 2- Cáscara de mango (Fustamante y Valdera, 2019); 3- Cáscara de naranja (Cerón *et al.*, 2011); 4- Cáscara de cacao (Cobeñas y Guerrero, 2018); 5 Bagazo de sábila (Moreno *et al.*, 2017) 6- Pectina comercial. (Food Chemicals Codex (FCC); U.S. Pharmacopeial Convention (USP); – No reportado por los autores.

El rendimiento de pectina que se extrae de la pulpa de cardón dato, es inferior con respecto al obtenido en cáscara de mango, cáscara de naranja, cáscara de cacao y bagazo de sábila. Las diferencias encontradas, pueden obedecer a la naturaleza de cada soporte vegetal, nivel de maduración, grado de subdivisión de la materia, pre tratamientos del material, condiciones operacionales de extracción, agentes acidificantes empleados los cuales pudieron diferir uno del otro.

Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero

El contenido metóxilo resultante, es inferior respecto a la pectina de bagazo de sábila y referencia estándar, sin embargo, es mayor al contenido en la pectina de los otros materiales referenciados. Dicho esto, la pectina es de alto metóxilo. Según Moreno *et al.*, (2018), las pectinas con un contenido metóxilo en un intervalo de 7 a 12 %, es soluble en iones calcio y puede gelificar en presencia de azúcar y ácidos en condiciones que pueden requerir 60-65% de sólidos solubles (azúcar) y 2,7-3,2 de pH.

El contenido de ácido galacturónico existente en la pectina de cardón dato, es mayor al reportado en la cáscara de naranja pero inferior en la cascara de cacao, bagazo de sábila y referencia estándar, esto puede indicar la presencia de impurezas en el producto. De acuerdo a estos resultados, la pectina del cardón dato es de pureza es baja y por lo tanto, será de lenta gelificación. Según Pagán (1995), las elevadas cantidades ácido galacturónico en la pectina, se relaciona con la pureza.

El grado de esterificación de la pectina de cardón de dato, es superior al encontrado en la pectinas de cascara de mango, cascara de cacao y bagazo de sábila, pero está por debajo del presentado en la cascara naranja y muy cercano a la referencia estándar. A mayor grado de esterificación, indica que la pectina será soluble en agua y mostrará una gelificación rápida (Curbelo *et al.*, 2017), en este sentido, los resultados obtenidos la pectina extraída concuerda con esta cualidad por lo que puede presentar una gelificación moderadamente rápida. El grado de esterificación, es un indicador de predicción de la fuerza y el tipo de gel, además que a mayor grado de esterificación mayor serán las interacciones hidrofóbicas y el gel será más fuerte

En síntesis, la pectina puede aplicarse en el procesamiento de mermeladas, confituras y jaleas, ya que los parámetros de calidad no distan mucho de las referencias que han experimentados con tales aplicaciones (Chaparro *et al.*, 2015).

Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero

CONCLUSIÓN

La pulpa del cardón dato presenta una composición química adecuada para la extracción de pectina comparando con otros materiales usados con el mismo propósito. Aplicar hidrólisis ácida a la pulpa a una temperatura de 80°C, pH de 1,5 y tiempo de 50 minutos con que se obtiene un rendimiento máximo de 6,04%. La pectina obtenida, es de alto metóxilo, lo que indica buena gelificación.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda y al Centro de Investigaciones Tecnológicas (CITEC); por apoyar la Investigación.

REFERENCIAS

- Association Official Analytical Chemist. (1980). Official Methods of Analysis (AOAC-2057). Determination of crude protein. Washington, EEUU.
- Arellanes, A.; Jaraba, Z.; Mármol, G.; Páez, G.; Aiello, C. y Rincón, M. (2011). Obtención y caracterización de pectina de la cáscara del cambur manzano (*Musa AAB*). [Obtaining and characterizing pectin from banana peel (*Musa ABB*)]. *Revista Facultad de agronomía (LUZ)*, 28(4), 523-539. <https://n9.cl/vfwp1>
- Bozo, O. y García, E. (2005). Obtención de harina a partir de la pulpa de cardón de dato (*Lemnaireocereus griceus*) con fines agroindustriales. [Obtaining flour from the pulp of the cardon datum (*Lemnaireocereus griceus*) for agro-industrial purposes] (tesis de pregrado), Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Venezuela
- Castillo, E.; Álvarez, C. y Contreras, Y. (2018). Caracterización fisicoquímica de la cáscara del fruto de un clon de cacao (*Theobroma cacao L.*) cosechados en Caucagua estado Miranda, Venezuela. [Physicochemical characterization of the fruit shell of a cocoa clone (*Theobroma cacao L.*) harvested in Caucagua, Miranda state, Venezuela]. *Revista de Investigación Universidad Pedagógica Experimental Libertador*, 42(95), 154-175, <https://n9.cl/ak2vu>

Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero

- Cerón, I. y Cardona, C. (2011). Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de la cáscara de naranja. [Evaluation of the integral process to obtain essential oil and pectin from orange peel]. *Revista Ingeniería y Ciencia*, 7(13), 65-86. <https://n9.cl/ezpm5>
- Chaparro, S.; Márquez, R.; Sánchez, J.; Vargas, M. y Gil, J., (2015). Extracción de pectina del fruto del higo (*Opuntia ficus indica*) y su aplicación en un dulce de piña. [Extraction of pectin from the fruit of the fig (*Opuntia ficus indica*) and its application in a pineapple sweet]. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgacion Cientifica* 18(2), 435-443. <https://n9.cl/zb2gc>
- Chasquibol, N.; Arroyo, E.; y Morales, J. (2008). Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. [Extraction and characterization of pectins obtained from the fruits of Peruvian biodiversity]. *Revista Ingeniería Industrial*, (26), 175-199. <https://n9.cl/1zswu>
- Cobeñas, S. y Guerrero J. (2018). Caracterización de la pectina obtenida a partir de la cascara de cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante variación del ácido y temperaturas. [Characterization of pectin obtained from cocoa shells (*Theobroma cacao* L.) by varying acid and temperatures] (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Tumbes. Tumbes, Perú. <https://n9.cl/k10f7>
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1979). Alimentos. Determinación de humedad, (Norma 1156-79). [Foods. Determination of Humidity, (Standard 1156-79)]. SENCAMER, Venezuela. <https://n9.cl/uh1r0>
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1979). Alimentos. Determinación del pH (Norma 1315-79). [Foods. pH determination (Standard 1315-79)]. SENCAMER, Venezuela. <https://n9.cl/hepsga>
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (1983). Jugos y néctares, Determinación de azúcares (Norma 1301-83). [Juices and nectars. Determination of sugars (Standard 1301-83)]. SENCAMER, Venezuela. <https://n9.cl/fsqcp7>
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1979). Alimentos. Determinación de cenizas (Norma 1155-79). [Foods. Determination of ashes (Standard 1155-79)]. SENCAMER, Venezuela. <https://n9.cl/n1eyl>

Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero

Cúrbelo, C.; Moreno, M.; Ramírez, D. y Crespo, L. (2017). Hidrólisis ácida del bagazo de *Aloe vera* (sábila) para la obtención de pectina. [Acid hydrolysis of *Aloe vera* bagasse (sabila) to obtain pectin]. *Revista Centro Azúcar*, 44(2), 18-26, <https://n9.cl/crg4x>

Food Chemicals Codex, FCC. (1931). Specifications for commercial pectins. <https://n9.cl/wym62>

Fuentes, L.; Mendoza, I.; López, A.; Castro, M. y Urdaneta, C. (2011). Effectiveness of a coagulant extracted from *Stenocereus griseus* (Haw.) Buxb in wáter purification. *Revista Técnica de Ingeniería. Universidad del Zulia*, 34(1), 48-56, <https://n9.cl/qoxpc>

Fustamante, Y. y Valdera, W., (2019). Extracción enzimática y caracterización de la pectina a partir de los residuos del mango (*Mangifera indica*); Lambayeque 2015. [Enzymatic extraction and characterization of pectin from mango residues (*Mangifera indica*); Lambayeque 2015] (tesis de pregrado). Univerisidad Señor Sipan, Peru. <https://n9.cl/zzi4r>

Mendoza, L.; Jiménez, J. y Ramírez, M. (2017). Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.). [Evaluation of pectin extracted enzymatically from cocoa fruit shells (*Theobroma cacao* L.)]. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 20(1), 131–138. <https://n9.cl/3b9n1>

Miyamoto, A. & Chang, K. (1992). Extraction and physicochemical characterization of pectin from sunflower head residues. *Journal of Food Science* 57(6), 1439-1443. <https://n9.cl/wk58c>

Moreno, M.; Crespo, L. y Quintero, M. (2018). Extracción de pectina de las vainas de *Moringa oleifera* y su aplicación en una mermelada. [Extraction of pectin from the pods of *Moringa oleifera* and its application in a jam]. *Revista Monteverdia* 11(2), 1-9. <https://n9.cl/2t2ld>

Moreno, M.; Gutiérrez, J.; Márquez, D. y Heredia, N. (2017). Evaluación del bagazo de sábila para la extracción de pectina a escala de laboratorio. [Evaluation of laboratory bagazo for the extraction of pectin to laboratory scale]. *Cienciamatria Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología*, 3(5), 117-132. <https://n9.cl/gza7w>

Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero

- Pagan, J. (1995). Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocotón. [Enzymatic degradation and physical and chemical characteristics of pectin from peach bagasse] (tesis de postgrado), Universitat de Lleida. <https://n9.cl/5bjmy9>
- Pérez, W.; Urrego, P.; Silva, D. y Mojica, J. (2012). Obtención y caracterización de pectina a partir de residuos de la agroindustria vitivinícola del departamento de Boyacá. [Obtaining and characterizing pectin from waste from the wine industry in the Department of Boyacá]. *Journal of Bioscience and Biotechnology*, 1(3), 223-233. <https://n9.cl/3xcfo>
- Prescott, L.; Harley, J. y Klein, D. (1999). *Microbiología*. [Microbiology]. (4ta Edición). España, Mc Graw Hill Interamericana de España.
- Rodríguez, C. y Zepeda, V. (2016). Aprovechamiento de la cáscara de cacao (Theobroma Cacao L.): Extracción de pectina para elaboración de mermelada. [Use of cocoa shells (Theobroma Cacao L): Extraction of pectin for jam production] (tesis de pregrado). Universidad Dr. José Matías Delgado, El Salvador. <https://n9.cl/623sk>
- Saavedra, L. (2015). Uso integral del maracuyá (Passiflora edulis flavicarpa) en la extracción de pectina y formulación de mermeladas. [Comprehensive use of passion fruit (Passiflora Edulis flavicarpa) in pectin extraction and jam formulation] (tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador. <https://n9.cl/lwcyd>
- Sáenz, C.; Berger, H.; Corrales, G.; Galletti, L.; García, V. e Higuera, I., (2006). Utilización agroindustrial del nopal. [Agroindustrial use of nopal]. *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO*, (162), 35-46. <https://n9.cl/9lexk>
- Urango, K.; Ortega, F.; Vélez, G. y Pérez O. (2018). Extracción rápida de pectina a partir de cáscara de maracuyá (Passiflora edulis flavicarpa) empleando Microondas. [Rapid extraction of pectin from passion fruit peel (Passiflora Edulis flavicarpa) using microwaves]. *Revista Información Tecnológica*, 29(1), 129-136. <https://n9.cl/ciz28>
- Vásquez, R.; Ruesga, L.; D'addosio, L.; Paez, G. y Marin, M. (2008). Extracción de pectina a partir de la cáscara de plátano (Musa AAB, subgrupo plátano) clon Hartón. [Pectin extraction from plantain (Musa AAB, sub-group plantain) peel, Harton clone]. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*. 25(2), 318-333. <https://n9.cl/e6txw>

Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero

Zegada, V. (2015). Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO). [Extraction of pectin from orange peel residues by microwave-assisted acid hydrolysis (HMO)]. *Revista Investigación & Desarrollo*, 1(15), 65-76. <https://n9.cl/e7icw>

Zúñiga, P. y Gutiérrez, R. (2010) Evaluación nutrimental del residuo obtenido de la molienda húmeda de cebada. [Nutritional evaluation of the residue obtained from the wet milling of barley]. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de Guanajuato. México. pp.1-10. <https://n9.cl/3xcfo>

©2021 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).