

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

<http://dx.doi.org/10.35381/a.g.v3i5.1658>

## **Extracción de pectina mediante hidrólisis ácida de la cáscara de cambur (*Musa paradisiaca*)**

### **Extraction of pectin by acid hydrolysis of banana peel (*Musa paradisiaca*)**

Mitchell José Toyo-Díaz

[mitjose@gmail.com](mailto: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](mailto: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](mailto:mariomoreno@gmail.com)

Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Falcón  
Venezuela

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

Recibido: 01 de abril 2021

Revisado: 20 de mayo 2021

Aprobado: 15 de junio 2021

Publicado: 01 de julio 2021

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

## RESUMEN

La presente investigación, tuvo como objetivo extraer de pectina mediante hidrólisis ácida de la cáscara de cambur (*Musa paradisiaca*). Se emplearon cáscaras de color amarillo y se analizaron de forma fisicoquímica. La extracción, se realizó con ácido clorhídrico concentrado a las siguientes condiciones: pH (2,2; 5 y 3), el tiempo (45; 60 y 75 min) y la temperatura (80; 85 y 90 °C); como variable respuesta el rendimiento. El análisis fisicoquímico reportó: humedad 89,8%±0,4, pH 4,8±0,3, proteína cruda 4,3%±0,5, extracto etéreo 5,5%±0,3, azúcares totales 12,7%±0,2, azúcares solubles 5,5%±0,08 y cenizas totales 13,46%±0,07. El análisis de superficie de respuesta precisó, que las condiciones del proceso son: temperatura 85°C, pH 2 y tiempo 75min para un rendimiento de 13,87%. La pectina obtenida, es de gelificación rápida y de alto metóxilo, esto indica que es viable la extracción de esta sustancia a las condiciones estudiadas.

**Palabras Clave:** Cambur; hidrólisis; pectinas. (Tesauro AGRAVOC).

## ABSTRAC

The objective of this research was to extract pectin by acid hydrolysis of banana peel (*Musa paradisiaca*). Yellow husks were used and analyzed physicochemically. The extraction was carried out with concentrated hydrochloric acid at the following conditions: pH (2.2, 5 and 3), time (45, 60 and 75 min) and temperature (80, 85 and 90 °C); performance as a response variable. The physicochemical analysis reported: humidity 89.8%±0.4, pH 4.8±0.3, crude protein 4.3%±0.5, ether extract 5.5%±0.3, total sugars 12.7%±0.2, soluble sugars 5.5%±0.08 and total ashes 13.46%±0.07. The response surface analysis specified that the process conditions are: temperature 85°C, pH 2 and time 75min for a yield of 13.87%. The obtained pectin is of rapid gelation and high methoxyl, this indicates that the extraction of this substance is viable under the conditions studied.

**Keywords:** Cambur; hydrolysis; pectins. (AGRAVOC Thesaurus).

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

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha evidenciado el interés en el estudio de residuos vegetales con miras a su aprovechamiento para la generación de productos de interés económico y social. Esto se debe a su composición química variada, por lo que son una fuente importante de sustancias que pueden ser utilizadas debido a sus propiedades favorables, tecnológica o nutricionalmente, para su conversión o extracción de un producto útil de mayor valor agregado que además de solucionar un problema, genere ingresos económicos adicionales (Vargas y Pérez, 2018).

Estudios demuestran la factibilidad de utilizar residuos vegetales como cortezas, para múltiples fines refiriendo a las pectinas muy utilizado en el campo de la industria alimenticia (Vargas y Pérez, 2018). Entre los materiales aprovechados se mencionan: cáscara de la naranja (Zegada, 2015), cascarilla de cacao (Tapia, 2015), corteza de mango (Fustamante y Valdera, 2019), piña (Ávila, 2019) y pulpa de café (Serrat *et al.*, 2018).

La composición de las cáscaras de frutos puede variar, sin embargo, generalmente pueden encontrarse polisacáridos complejos como la celulosa (carbohidrato más abundante, formando entre el 40 – 60% de la pared de las plantas), hemicelulosa (30%), lignina, así como otros polisacáridos mucilaginosos. Varias investigaciones evidencian, que es posible la extracción de pectina empleando cortezas residuales mediante 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).

Del cambur se consume directamente la pulpa de la fruta fresca cuando ha alcanzado un nivel de maduración o mediante su procesamiento para obtener productos alimenticios, en ambos casos, queda la cáscara como un residuo (Arellanes *et al.*, 2011). Sin embargo, es posible la utilización de la cáscara de este fruto como soporte para la extracción de

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

pectina, considerándolo como una vía alternativa a los ya existentes, a la vez que favorece el aprovechamiento de este residuo con la minimización de contaminación.

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 tal insumo 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 de éste producto, de allí la imperiosa necesidad de evaluar recursos vegetales residuales no tradicionales generados del consumo comercial.

En evidencia de la potencialidad de las cáscaras de frutos, se planteó una investigación con el objetivo de extraer de pectina mediante hidrolisis ácida de la cáscara de cambur (*Musa paradisiaca*).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Materia prima**

Los frutos de cambur, fueron cosechados de los cultivos de la población San Luis, municipio Bolívar, estado Falcón, Venezuela. La cáscara, se tomó a partir de 30 kilogramos de frutos frescos, agrupados en racimos, en su estado de madurez de consumo, de color amarillo uniforme, buen estado físico y sin daños biológicos (sin hongos ni descomposición).

### **Preparación del material**

Se empleó la metodología reportada por Arellanes (2011) y Arrazola *et al.* (2016). Se lavaron los frutos con agua y se desinfectaron con agua clorada, se separó la cáscara de la pulpa interior cortandose la cáscara a trozos de tamaño de 2 a 5cm. Para prevenir el pardeamiento enzimático, se realizó un tratamiento de escaldado de la corteza con

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

solución de ácido cítrico (5% m/v) a temperatura ambiente por 30 minutos. Posteriormente, se escurrieron, molieron y secaron a temperatura de 60°C por un tiempo de 24 horas hasta humedad del 10%. Luego se pulverizó y se almacenó en bolsas herméticas (Zegada, 2015).

### **Métodos analíticos de caracterización de la materia prima**

A la cáscara de cambur en su estado inicial se le determinaron de sus parámetros fisicoquímicos (por triplicado) tomando aplicando metodologías normalizadas (Tabla 1).

**Tabla 1.**

Métodos normalizados para el análisis fisicoquímico.

Parámetros	Normas de referencia
Humedad	COVENIN 1156-79
Sólidos totales	COVENIN 1945-82
pH	COVENIN 1315-79
Proteína cruda	AOAC, 2057
Extracto etéreo	COVENIN 1785--81
Azúcares totales	COVENIN 1301-83
Azúcares Solubles	COVENIN 924-83
Cenizas totales	COVENIN 1155 – 79

### **Extracción de pectina por hidrólisis ácida a condiciones de referencia y diseño de experimentos**

Se realizó según metodologías referenciadas (Moreno *et al.*, 2017; Curbelo *et al.*, 2017; y Zegada, 2015). En un beaker de 500mL, se colocaron 30 gramos de la cáscara de cambur pre-tratada y seca, se le adicionó 200mL de agua destilada y se agitó. Se utilizó ácido clorhídrico concentrado para ajustar el pH y diferentes temperaturas y tiempos

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

(tabla 2). La mezcla experimental se agitó constantemente durante la hidrólisis y al terminar el tiempo, se filtró el residuo con un liencillo y el líquido obtenido se enfrió a temperatura ambiente. Al líquido, se le adicionó etanol absoluto en proporción 1:1,5 y agitó constantemente, dejando en reposo por 12 horas para precipitar la pectina como un sólido gelatinoso, se filtró nuevamente. El producto se secó en una estufa a una temperatura de 60°C. Finalmente, se realizó la molienda de la pectina hasta un fino polvo. Se realizó un diseño experimental aleatorio, empleando tres factores: pH, tiempo y temperatura, cada uno con tres niveles (Tabla 2), lo cual permitió un arreglo factorial 3<sup>3</sup>. Como variable respuesta se estableció el rendimiento de pectina extraída.

**Tabla 2.**

Factores y niveles para la extracción de pectina.

Factores	Niveles		
	Bajo	Medio	Alto
pH	2	2,5	3
Tiempo (min)	45	60	75
Temperatura (°C)	80	85	90

### **Métodos analíticos de caracterización de pectina**

Se determinó la calidad de la pectina extraída mediante indicadores de pureza y propiedades gelificantes (Tabla 3), lo cual define el buen desempeño de la pectina para la elaboración de productos (Zegada, 2015).

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

**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		

**Análisis estadístico**

Los resultados derivados de los ensayos de laboratorio de la extracción de la pectina se procesaron estadísticamente mediante un análisis de varianza, para determinar la significancia de los factores experimentales de acuerdo a sus niveles, mediante el empleo del paquete estadístico Statgraphic Centurión XV, versión 15.2.06.

**RESULTADOS Y DISCUSION**

**Caracterización fisicoquímica de la cáscara de cambur**

En la tabla 4, se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica y se comparan con otros soportes utilizados con el mismo fin.

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

**Tabla 4.**  
 Características fisicoquímicas de la materia prima y comparación.

Parámetros	Referencia comparativa				
	Cáscara de Cambur	Cáscara de Mango <sup>1</sup>	Cáscara de Naranja <sup>2</sup>	Cáscara de Cacao <sup>3</sup>	Bagazo de sábila <sup>4</sup>
Humedad (%)	89,8±0,4	80,00±2,0	85,9 ± 1,6	8,17±0,52	5,926 ± 0,868
pH	4,8±0,3	-	3,93 ± 0,03	-	6,438 ± 0,0104
Proteína cruda (%)	4,3±0,5	0,50±0,1	6,16 ± 0,23	4,59±0,52	0,701 ± 0,0150
Extracto etéreo (%)	5,5±0,3	0,14±0,1	1,55 ± 0,17	0,60±0,64	-
Azúcares totales (%)	12,7±0,2	9,33±1,53	3,8 ± 0,3	45,52	-
Azúcares Solubles (°Brix)	5,5±0,08	-	7,1 ± 1,2	-	-
Cenizas totales (%)	13,46±0,07	9,17±0,76	3,29 ± 0,19	8,59±0,07	4,918 ± 1,565

**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.

El contenido de humedad en la cáscara de cambur es alto, respecto a los demás materiales, debido a la húmeda natural de la muestra. Una humedad inferior al 10% previene el deterioro del material, minimizando la actividad enzimática y microbiológica que pueden deteriorar la composición estructural (hidratos de carbono y pectina) (Prescott *et al.*, 1999), por tal razón, se aplicó un secado a la cáscara de cambur. El pH es ácido, y el resultado es mayor al reportado en la cáscara de naranja pero menor al del bagazo de sábila. El mismo es atribuible a los ácidos galaturónicos, unidad básica de todas las sustancias pécticas (Rodríguez y Zepeda, 2016).

La proteína cruda, se encuentra en el intervalo de los materiales referenciados, indicando el valor nutritivo como fuente de alimentación (Saenz, *et al.*, 2006). El extracto etéreo, es alto respecto a los citados. En investigaciones enfocadas a la obtención de pectina, no



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

señalan ningún efecto de la fracción lipídica en su extracción. El contenido de azúcares totales, es superior al reportado en las referencias, a excepción de la cáscara de cacao. Este parámetro es un indicativo de los hidratos de carbono que se pueden relacionar indirectamente al contenido de pectina y otros polisacáridos complejos (Saavedra, 2015). El contenido de sólidos solubles, es menor al existente en la cáscara de naranja, los demás soportes no reportan resultados en este parámetro. Éste parámetro, indica la calidad del material para la extracción de pectina según el nivel de maduración. Se obtiene un valor bajo, debido a su nivel de madurez intermedio lo cual puede ser adecuado para obtener rendimientos en pectina moderados. Este parámetro aumenta con la madurez del fruto y la pectina muestra degradación, afectando el rendimiento a niveles mínimos, por lo tanto, los valores más bajos corresponden a frutos verdes mostrando mejores resultados de extracción de pectina (Chaparro, 2015). El contenido de ceniza representa fracción mineral contenida en la corteza de cambur y depende de las condiciones del terreno de cultivo de la planta (Zúñiga y Gutiérrez, 2010). El resultado, es superior a los determinados en materiales utilizados para los mismos fines extractivos. Las cenizas, pueden afectar la capacidad de esta sustancia para gelificarse (Miyamoto y Chang, 1992).

Los resultados del análisis fisicoquímico de la cáscara de cambur, deja en evidencia que es un soporte con condiciones adecuadas para ser utilizado para obtener pectina.

### **Obtención de pectinas mediante hidrolisis ácida**

El análisis estadístico de los resultados ANOVA) determinó con un nivel de confianza del 95%, que la temperatura, el pH, el tiempo y las interacciones de pH y pH- tiempo tienen valor  $p < 0,05$ , por lo tanto, son significativos (tabla 5).

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

**Tabla 5.**

Análisis de varianza (ANOVA) para la extracción de pectina de la cáscara de cambur.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:pH	107,744	1	107,744	225,39	0,0000
B:Tiempo	8,132	1	8,132	17,01	0,0002
C:Temperatura	213,793	1	213,793	447,23	0,0000
AA	2,19593	1	2,19593	4,59	0,0373
AB	4,36054	1	4,36054	9,12	0,0041
Bloques	0,0000907407	1	0,0000907407	0,00	0,9891
Error total	22,4677	47	0,478036		
Total (corr.)	358,694	53			
R-cuadrada (%)	93,7363				
Estadístico Durbin-Watson	2,48329 (P=0,9301)				

En la tabla 6, se presentan los resultados detallados de los rendimientos de pectina. Las condiciones de extracción tabuladas, se refieren a las estadísticamente significativas según el ANOVA ( $P < 0,05$ ).

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

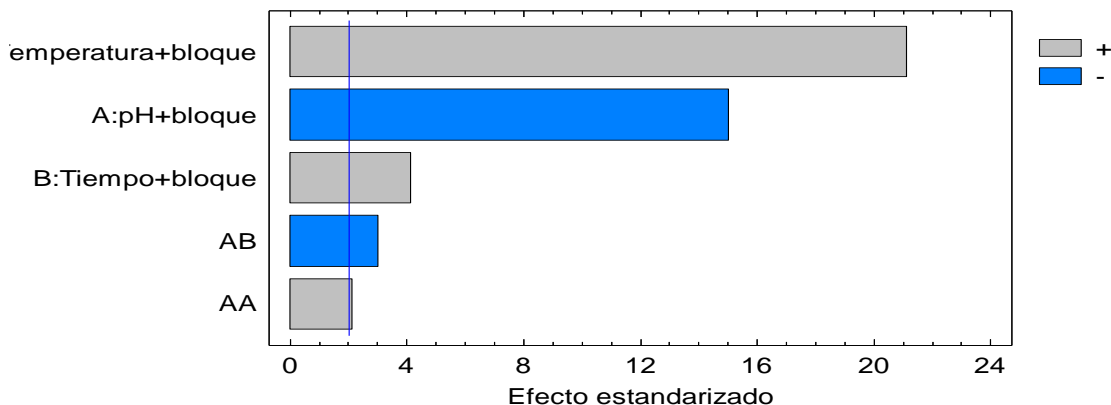
**Tabla 6.**  
 Rendimiento de pectina a las condiciones estadísticamente significativas (T=85 °C).

pH	Tiempo (min)	Promedio (%) ± Desviación est.
2	45	12,77±0,20
	60	13,20±0,04
	75	13,87±0,11
2,5	45	11,11±0,03
	60	11,88±0,017
	75	12,17±0,08
3	45	10,37±0,04
	60	10,93±0,07
	75	11,23±0,04

En la tabla 6 se observa con referencia a la temperatura de 85 °C, un rendimiento mínimo de 10,37% a pH 3 y t= 45 min y máximos de 13,87% a pH 2 y t= 75 min. Con base a estos resultados, se precisa que al aumentar el pH disminuye el rendimiento, así mismo al aplicar mayores tiempos en la hidrólisis. Éste comportamiento fue similar al obtenido por Fustamante y Valdera (2019).

El diagrama de Pareto (Figura 1), muestra la influencia significativa y positiva de la temperatura, tiempo y la interacción cuadrática del pH sobre el rendimiento. En este sentido, un aumento en estos factores influye en un mayor rendimiento de pectina que se puede extraer de la corteza de cambur. En la misma figura, se evidencia el efecto negativo en la variable respuesta del pH y las interacciones pH y tiempo, esto significa que al aumentar los niveles se precisaran menores rendimientos.

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



**Figura 1.**  
 Diagrama de Pareto para la hidrólisis de la cáscara de cambur.

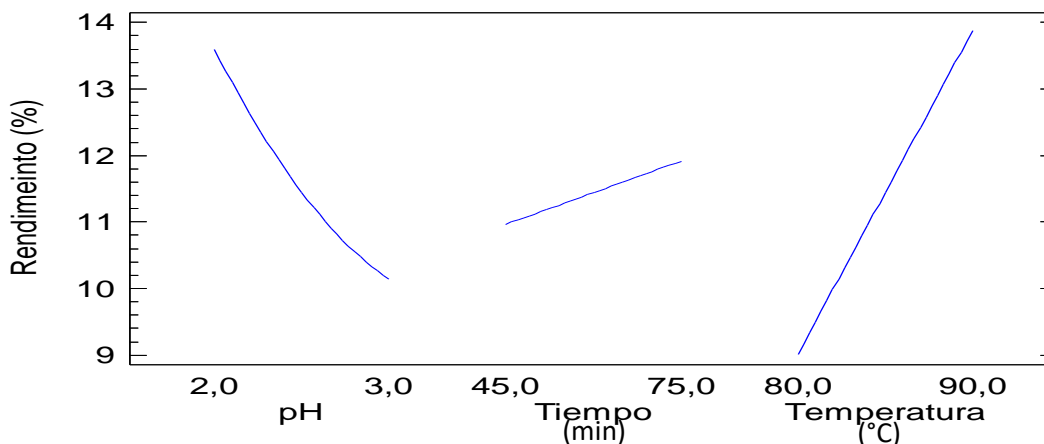
Con los resultados obtenidos, se planteó un modelo matemático con los efectos significativos codificados ( $p < 0,05$ ), para predecir el rendimiento de pectina:

$$\text{Rendimiento} = -21,0681 - 8,60556 \cdot \text{pH} + 0,173769 \cdot \text{Tiempo} + 0,487389 \cdot \text{Temperatura} + 1,71111 \cdot \text{pH}^2 - 0,0568333 \cdot \text{pH} \cdot \text{Tiempo} \quad (\text{Ec. 1})$$

La variable con mayor coeficiente en el modelo, tiene mayor incidencia en el rendimiento de pectina. En este sentido, se muestra que la temperatura es la que afecta en mayor medida los resultados experimentales y en segundo lugar el tiempo.

En el gráfico de efectos de los factores (Figura 2) se muestra, como la temperatura y pH tienen mayor influencia sobre la variable respuesta, en tanto, el tiempo, es ligeramente significativo. Asimismo, se aprecia un máximo rendimiento a estas condiciones con un valor promedio de 13,87%.

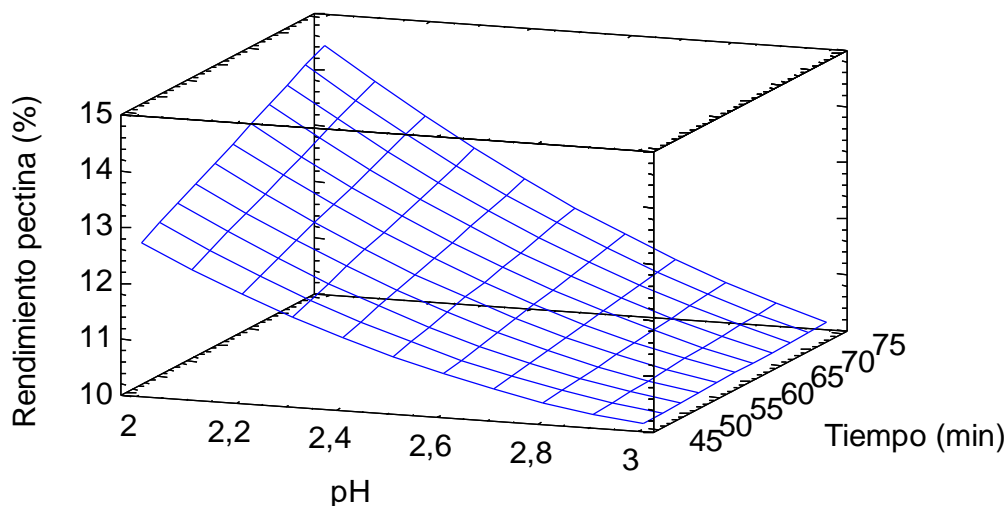
Mitchell José Toyo-Díaz; Betsay María Toyo-Fernández; María Eugenia Moreno Quintero



**Figura 2.**  
Efectos de los factores en la hidrólisis de la cascara de cambur.

En el gráfico de la superficie de respuesta (Figura 3), se precisan las condiciones que maximizan el rendimiento de pectina. De allí que el vértice de la malla muestra su mayor inclinación en el eje de rendimiento a una temperatura de 85°C, reportando un 13,87% a pH 2 y 75 minutos, evidenciando las mejores condiciones de extracción. El vértice inferior, está cercano a un tiempo de 45 min y pH=3 refiriendo un rendimiento de 10,37%. Se observa un ligero efecto del tiempo a pH= 3, en tanto, el rendimiento en función del pH, muestra una pendiente inclinada, lo que indica su influencia en la extracción.

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



**Figura 3.**  
Superficie de respuesta del rendimiento de pectina en la hidrólisis ( $T=85^{\circ}\text{C}$ ).

### **Análisis de la influencia de las condiciones de extracción de la pectina**

Las temperaturas en la extracción de pectina están en un intervalo de  $40$  y  $120^{\circ}\text{C}$  (Zegada, 2015). La temperatura, conlleva al mayor rompimiento de enlaces de la protopectina, a partir en hidrólisis se obtienen las pectinas (Barazarte *et al.*, 2008). Betancourt y Llano (2009), señalan que el calentamiento inhibe la acción de las enzimas pectinolécicas y microorganismos de la materia prima, que degradan las protopectinas y pectinas de la pared celular, también genera un ablandamiento del material facilitando la extracción.

Por su parte, tiempos prolongados en el calentamiento durante la hidrólisis, puede aumentar el rendimiento de la pectina y el grado de metoxilación (Betancourt y Llano, 2009), porque se libera del tejido vegetal la pectina soluble (ácido urónico), sin degradar su estructura. El control del tiempo es una variable crítica, un aumento desproporcionado afecta el grado de metoxilación, por que puede fraccionar la pectina en las uniones metil-éster de los monómeros. Ávila (2019), señala que tiempos mayores incrementan el rendimiento ya que la hidrólisis se completa.

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

El pH ácido, maximiza la hidrólisis de la protopectina y la exposición de la pectina al solvente, con ello hay un menor consumo de alcohol en la precipitación y mejor rendimiento y calidad de pectina (Seixas *et al.*, 2014).

### Evaluación del rendimiento y calidad de la pectina obtenida

La Tabla 7, reporta los rendimientos y las características fisicoquímicas de la pectina, y se compara con resultados obtenidos en investigaciones de la misma temática.

**Tabla 7.**

Rendimientos de la pectina extraída, parámetros de calidad y comparación con reportadas en investigaciones.

Parámetros	1	Referencia comparativa				
		2	3	4	5	6
Rendimiento (%)	13,87±0,11	11	49,7	23,04	11,45	-
Contenido metóxilo (%)	12±3	5.75	1,80	2,89	14,88	<6,70
Ácido galacturónico (%)	79±3	-	37,11	78,19	68,64	< 65
Grado de esterificación (%)	89,02±0,01	63.00	72,43	63,45	61,43	81,5

**Fuentes:** 1- Cáscara de cambur; 2- Cáscara de mango (Fustamante y Valdera, 2019); 3- Cáscara de naranja (Ceron *et al.*, 2011); 4- Cáscara de cacao (Cobenas *et al.* 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 de la cáscara de cambur, es inferior al obtenido en cáscara de naranja y cáscara de cacao, pero es mayor al reportado en la cáscara de mango y del bagazo de sábila. Las diferencias, pueden obedecer a la naturaleza de cada soporte vegetal, nivel de maduración, grado de subdivisión de la materia, pretratamientos del

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

material, condiciones operacionales de extracción o agentes acidificantes empleados, los cuales pudieron diferir uno del otro.

Las propiedades fisicoquímicas de las pectinas se relacionan con la función que desarrollan como fibra y como agente espesante en los alimentos (Chasquibol *et al.*, 2008). De acuerdo al contenido de metóxilo, el logrado en la pectina obtenida de la corteza de cambur supera al presentado en los materiales reportados como referencia, a excepción del bagazo de sábila, en tal sentido, ambos productos se clasifican como pectina de alto metóxilo. Según Moreno *et al.*, (2018), las pectinas con un contenido de metóxilo en un intervalo de 7 a 12%, es soluble en iones calcio y puede gelificar en presencia de azúcares y ácidos en condiciones que pueden requerir de 60-65% de sólidos solubles (azúcar) y 2,7-3,2 de pH.

El contenido de ácido galacturónico existente en la pectina extraída de la cáscara de cambur es alto en comparación al de la cáscara de naranja y referencia estándar, pero similar al de la cáscara de cacao. De acuerdo a estos resultados, la pectina obtenida presenta mayor pureza y es de gelificación rápida. Según Pagán (1995), las elevadas cantidades ácido galacturónico en la pectina, se relacionan con la pureza.

El grado de esterificación de la pectina, es mayor en comparación a las referenciadas. Por lo que, a mayor grado de esterificación, la pectina será soluble en agua y mostrará una gelificación rápida (Curbelo *et al.*, 2017). Este parámetro, 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.

## **CONCLUSIONES**

La cáscara de cambur es un soporte con características fisicoquímicas ajustadas al de otras cortezas empleadas para la extracción de pectinas, lo que resulta adecuada para la extracción del componente gelificante, aplicando hidrólisis ácida a una temperatura de 85°C, pH igual a 2 y un tiempo de 75 min para un rendimiento de 13,87%. La pectina



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

extraída, es de alto metoxilo y gelificación rápida siendo recomendable su uso en el procesamiento de mermeladas.

## 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>
- Arrázola, G.; Alvis, A., Mogollón, C. (2016). Efecto del tratamiento de escaldado sobre la actividad enzimática de la polifenoloxidasas en dos variedades de batata (*Ipomoea batatas* Lam.). [Effect of blanching treatment on the enzymatic activity of polyphenoloxidase in two varieties of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.)] *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 10(1), 80-88. <https://n9.cl/c4dya>
- Ávila, E. (2019). Extracción y caracterización de pectina a partir de residuos de cáscaras de piña (*Ananas comosus*) por el método de hidrólisis ácida. [Extraction and characterization of pectin from pineapple (*Ananas comosus*) peel residues by the acid hydrolysis method] (tesis de postgrado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Acacias. <https://n9.cl/3yf6d>
- Barazarte, H.; Sangronis, E. y Unai, E. (2008). La cáscara de cacao (*Theobromacacao* L.): Una posible fuente comercial de pectinas. Cocoa shell (*Theobroma cacao* L.): A possible commercial source of pectins] *Archivos Latinoamericano de Nutrición*, 58(1), 64-70. <https://n9.cl/3jbq5>

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

- Betancourt, L. y Llano, J. (2009). Extracción de pectinas a partir de los subproductos del beneficio del cacao. [Extraction of pectins from the by-products of cocoa processing] (tesis de pregrado). Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. <https://n9.cl/q2fx5>
- 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>
- 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 & Divulgación Científica* 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>

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

- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1979). Leche y sus derivados. Determinación de humedad/sólidos totales (Norma 1945-82). [Milk and its derivatives. Determination of Moisture / total solids (Standard 1945-82)]. SENCAMER, Venezuela. <https://n9.cl/r9pt7>
- 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. (1981). Alimentos. Determinación de extracto etéreo (Norma 11785-81). [Foods. Determination of ethereal extract (Standard 11785-1)]. SENCAMER, Venezuela. <https://n9.cl/3bqmw>
- 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 (1983). Frutos y productos derivados, Determinación de azúcares solubles por refractometría (Norma 924-83). [Fruits and derived products. Determination of soluble sugars by refractometry (Standard 924-83)]. SENCAMER, Venezuela. <https://n9.cl/uxann>
- 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>
- 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>
- 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). Universidad Señor Sipan, Peru. <https://n9.cl/zzi4r>

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

- 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>
- 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>

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

- 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>
- Seixas, F.; Fukunda, D.; Turbiani, F.; García, P.; Petkowicz, C.; Jagadevan, S. & Gimenes, M. (2014). Extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) by microwave-induced heating. *Journal Food Hydrocolloids*, 38, 186-192. <https://n9.cl/scc14>
- Serrat, M.; De la Fé, A.; De la Fé, J. y Montero, C. (2018). Extracción y caracterización de pectina de pulpa de café de la variedad robusta. [Extraction and characterization of pectin from robusta variety coffee pulp]. *Revista cubana de Química*, 30(3), 552-538. <https://n9.cl/fj4ol>
- Vargas Y. y Pérez L. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. [Use of agro-industrial residues in the improvement of the quality of the environment]. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1), 59-72. <https://n9.cl/a33mb>
- 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>