

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

<http://dx.doi.org/10.35381/a.g.v4i7.1868>

Caracterización de biomasa vegetal con miras a su aprovechamiento en derivados de uso alimenticio

Characterization of plant biomass with a view to its use in derivatives for food use

Mitchell José Toyo-Díaz

mitjose@gmail.com

Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Miranda, Falcón
Venezuela

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

Betsay María Toyo-Fernández

btoyofernandez@gmail.com

Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Miranda, Falcón
Venezuela

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

María Eugenia Moreno-Quintero

mariomoreno@gmail.com

Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Miranda, Falcón
Venezuela

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

Recibido: 01 de marzo 2022

Revisado: 10 de abril 2022

Aprobado: 15 de junio 2022

Publicado: 01 de julio 2022

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

RESUMEN

La biomasa vegetal, es un material no aprovechado constituido de macromoléculas estructurales útiles en la obtención de derivados aplicables en la industria alimentaria. La investigación caracterizó diferentes biomásas para determinar su aplicabilidad en derivados de uso alimenticio. El análisis fisicoquímico de materias primas producidas en el estado Falcón resultó: corteza de cambur (*Musa paradisiaca*) (humedad $89,8\% \pm 0,4$; pH $4,8 \pm 0,3$; proteína cruda $4,3\% \pm 0,5$; extracto etéreo $5,5\% \pm 0,3$; azúcares totales $12,7\% \pm 0,2$ y cenizas totales $13,46\% \pm 0,07$), cardón dato (*Lemaireocereus griceus*) (humedad $95,08\% \pm 0,32$; pH $5,47 \pm 0,06$; proteína cruda $3,65\% \pm 0,25$; azúcares totales $15,50\% \pm 0,032$ y cenizas totales $0,99\% \pm 0,001$) y polvo de zábila (*Aloe vera*) (humedad $2,76\% \pm 0,12$; pH $4,45 \pm 0,10$; proteína cruda $4,37\% \pm 0,13$; extracto etéreo $2,15\% \pm 0,07$; fibra cruda $16,94\% \pm 0,09$; celulosa $19,76\% \pm 0,20$; lignina $9,68\% \pm 0,30$; hemicelulosa $12,45\% \pm 0,39$ y cenizas totales en $13,68\% \pm 0,22$). Los resultados son comparables a la cáscara de mango, naranja y cacao en la obtención de pectinas así como residuo de papa y cultivo de banano para producir enzimas celulolíticas.

Palabras Clave: Recursos naturales; desperdicio; pectina, sustancia bioquímica. (Tesauro UNESCO).

ABSTRAC

Plant biomass is an unused material made up of structural macromolecules useful in obtaining derivatives applicable in the food industry. The research characterized different biomasses to determine their applicability in derivatives for food use. The physicochemical analysis of raw materials produced in the state of Falcón resulted in: banana bark (*Musa paradisiaca*) (moisture $89.8\% \pm 0.4$; pH 4.8 ± 0.3 ; crude protein $4.3\% \pm 0.5$; ethereal extract $5.5\% \pm 0.3$; total sugars $12.7\% \pm 0.2$ and total ashes $13.46\% \pm 0.07$), cardón datum (*Lemaireocereus griceus*) (humidity $95.08\% \pm 0.32$; pH 5.47 ± 0.06 ; crude protein $3.65\% \pm 0.25$; total sugars $15.50\% \pm 0.032$ and total ashes $0.99\% \pm 0.001$) and *Aloe vera* powder (moisture $2.76\% \pm 0.12$, pH 4.45 ± 0.10 , crude protein $4.37\% \pm 0.13$, ether extract $2.15\% \pm 0.07$, crude fiber $16.94\% \pm 0.09$ cellulose $19.76\% \pm 0.20$, lignin $9.68\% \pm 0.30$, hemicellulose $12.45\% \pm 0.39$ and total ash $13.68\% \pm 0.22$). The results are comparable to mango, orange and cocoa peel in obtaining pectins as well as potato residue and banana crop to produce cellulolytic enzymes.

Keywords: Natural resources; waste; pectin, biochemical substance. (UNESCO Thesaurus).

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

INTRODUCCIÓN

La biomasa vegetal, comprende un tipo de material orgánico generado en explotaciones agrícolas, forestales, así como los residuos producidos en las agroindustrias y núcleos urbanos (Patiño, 2014; Manals *et al.*, 2018). En los últimos años, se ha evidenciado el interés en el estudio de estos materiales con miras a su aprovechamiento para la generación de productos de interés económico y social. De los tipos de biomasa vegetal, la residual es aprovechada debido a las grandes cantidades que se producen, bajo costo y la necesidad de minimizar el impacto ambiental ocasionado por su disposición final inadecuada. Los componentes principales de la biomasa pueden variar de acuerdo con el tipo, es decir si, es residual o forestal. Sin embargo, pueden encontrarse polisacáridos complejos como la celulosa, el cual es carbohidrato más abundante formando entre el 40 -60% de la pared de las plantas, 30% hemicelulosa, lignina y polisacáridos mucilaginosos. Tales sustancias, pueden ser utilizadas debido a sus propiedades favorables, tecnológica o nutricionalmente, para su conversión o extracción de un producto de mayor valor agregado que además de solucionar un problema, genere ingresos económicos adicionales (Cabrera *et al.*, 2017; Vargas y Pérez, 2018).

Investigaciones demuestran la factibilidad de utilizar las biomásas residuales vegetales en alimentos para animales, producción de biocombustibles, abono orgánico, enzimas mediante la fermentación y sustancias extraídas como las pectinas con aplicaciones en el campo de la industria alimenticia (Vargas y Pérez, 2018). Entre biomásas residuales aprovechadas se mencionan: la cáscara de la naranja (Zegada, 2015), cascarilla de cacao (Tapia, 2015), corteza de mango (Fustamante y Valdera, 2019), cáscara de maracuyá (Urango *et al.*, 2018), piña (Ávila, 2019), pulpa de café (Serrat *et al.*, 2018). En lo que respecta la biomasa forestal las evidencias señalan que de la vegetación xerófila como el cardón dato (*Stecnocerues griceus*) puede obtenerse harinas utilizando la pulpa columnar de la planta, lo que refiere el potencial de este material para ser explotado con fines alimenticios (Bozo y García, 2005).

Diversos estudios evidencian, que es posible la extracción de pectina empleando

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

biomasa residual vegetal mediante hidrólisis ácida obteniéndose rendimientos y calidad aceptables (Moreno, 2018). La pectina, es un polisacárido empleado como aditivo natural en diversas industrias de alimentos, como gelificante, espesante, estabilizante y emulsificante de otros productos (Zegada, 2015). Por otra parte, tratamientos biotecnológicos también han sentado bases para aprovechar la biomasa vegetal residual al considerar la fracción celulósica para la obtención de enzimas celulíticas mediante la fermentación sumergida (Hernández *et al.*, 2019). Actualmente, las enzimas se consideran como aditivos en la industria de los alimentos ya que pueden modificar la apariencia, textura, valor nutricional, generar aromas y sabores, además de disminuir el tiempo de proceso (Del Moral *et al.*, 2015).

El estado Falcón, es una región con una diversidad climática que permiten el cultivo y desarrollo de especies vegetales productoras de frutos como cambur (*Musa paradisiaca*) y plantas xerofitas como el cardón dato (*Stecnocereus griceus*) y la zábila (*Aloe vera*). De estas plantas, el cambur y el fruto del cardón se consumen 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 (Emaldi *et al.*, 2006; Arellanes *et al.*, 2011). Sin embargo, es posible la utilización de las cáscaras de tales frutos y la pulpa de la planta de cardón dato como soporte para la extracción de pectina y producción de enzimas celulíticas, con ello se contribuye a reducir los efectos que pueda originar la contaminación ambiental debido a su acumulación así como el aprovechamiento de especies xerofitas de la región, pudiendo incrementar el beneficio industrial al aportar un insumo funcional para mejorar la consistencia y textura de los productos alimenticios que los requieran.

En la actividad productiva del mismo estado, la agroindustria local genera residuos agroindustriales de zábila, que representan cantidades significativas y son considerados un problema ambiental, estos pueden ser racionalmente empleados para la obtención de materias primas, con aplicaciones alimentarias, considerando su contenido celulósico existente para que puedan ser empleados en elaboración de

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

productos terminados (Moreno *et al.*, 2017)

El objetivo de esta investigación fue caracterizar desde el punto de vista fisicoquímica la biomasa de cambur, cardón dato y *Aloe vera*, con vistas a emplearlo como materia prima en la extracción de pectinas y producción de enzimas aplicable a la industria de alimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

La biomasa vegetal considerada en esta investigación se obtuvo de fruto de plantas de clima lluvioso, plantas de zonas semi áridas del estado Falcón y del procesamiento de la corteza de zábila de una fábrica de bebidas también ubicada en la misma localidad. La tabla 1, describe aspectos cada material.

Tabla 1.
Identificación de la biomasa vegetal.

| Biomasa | Descripción | Procedencia |
|---|--|---|
| Corteza de cambur (<i>Musa paradisiaca</i>) | Exocarpio en estado Fresco | San Luis, municipio Bolívar |
| Cardón de dato (<i>Stenocereus griseus</i>) tipo columnar | Pulpa cruda o parenquima de la planta | Sector la Auteria, municipio Miranda |
| Corteza de zábila (<i>Aloe vera</i>) | Residuo lignocelulósico en polvo | Fábrica de procesamiento de sábila |

La recolección de las muestras de la biomasa vegetal se realizó de la manera siguiente: las cáscaras de cambur se tomaron partir de 30 kilogramos (30 Kg) de frutos frescos agrupados en racimos en su estado de madurez de consumo de color amarillo uniforme.

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

De la planta de cardón dato, se cosecharon al azar 20 brazos con un peso promedio de dos kilogramos (02 Kg) cada uno aproximadamente. Ambas muestras por ser recolectadas directamente del campo, se verificó que estuvieran en buen estado físico y sin daños biológicos aparentes (sin hongos, ni descomposición). En cuanto al polvo de zábila, se recolectaron al azar cuatro muestras almacenadas en empaques de polietileno de color verde sellados herméticamente con un peso de cuatro kilogramos (04 Kg) cada una. Las pencas de zábila, de las cuales se obtuvieron las muestras, fueron recolectadas de la población Barrio Nuevo, municipio Federación, estado Falcón. Este material se almacenó a temperatura ambiente hasta el momento de su análisis.

Análisis fisicoquímico de la biomasa vegetal

La biomasa vegetal en su estado inicial analizó por triplicado, determinando los parámetros fisicoquímicos que se señalan con referencia a metodologías normalizadas que se especifican en la Tabla 2.

Tabla 2.
Métodos normalizados para el análisis fisicoquímico.

| Parámetros | Normas de referencia | Biomasa vegetal | | |
|-----------------------------|----------------------|-------------------|----------------|-----------------|
| | | Cáscara de cambur | Cardón de dato | Polvo de zábila |
| Humedad | COVENIN 1945-82 | X | x | x |
| pH | COVENIN 1315-79 | X | x | x |
| Proteína cruda | AOAC, 2057 | X | x | x |
| Fibra cruda | COVENIN 1194-79 | ND | ND | X |
| Extracto de | COVENIN 1785--81 | X | ND | X |
| Azúcares totales | COVENIN 1301-83 | X | x | ND |
| Celulosa | Abdullah, 2006 | ND | ND | X |

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

| | | | | |
|-----------------|----------------------------|----|----|---|
| Lignina | Abdullah, 2006 | ND | ND | X |
| Hemicelulosa | Gravimétrico no | ND | ND | X |
| Cenizas totales | COVENIN 1155 – 79 | X | x | X |

Leyenda: X- Parámetro determinado; ND- No determinado

Procesamiento estadístico

El análisis estadístico fue realizado mediante el paquete estadístico Statgraphics Centurión XV, realizando una prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para comprobar el tipo de distribución de los parámetros fisicoquímicos.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Caracterización fisicoquímica de la biomasa vegetal

En la tabla 3 y 4, se muestran los parámetros fisicoquímicos de cada biomasa vegetal analizada y se cotejan con referencias relacionadas a la extracción de pectinas y producción enzimática. Estadísticamente, los resultados obtenidos muestran su proximidad a la media debido a la poca dispersión, se verifica buena replicabilidad, por lo tanto, siguen una distribución normal.

Tabla 3.

Características fisicoquímicas según el tipo de biomasa vegetal.

| Parámetros | (Promedios \pm desviación) | | |
|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------|
| | Cáscara de cambur | Cardón dato | Polvo de zábila |
| Humedad (%) | 89,8 \pm 0,4 | 95,084 \pm 0,321 | 2,76 \pm 0,11 |
| pH | 4,8 \pm 0,3 | 5,477 \pm 0,065 | 4,45 \pm 0,10 |
| Proteína cruda (%) | 4,3 \pm 0,5 | 3,65 \pm 0,254 | 4,37 \pm 0,13 |
| Fibra cruda (%) | ND | ND | 16,94 \pm 0.09 |

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

| | | | |
|----------------------|------------|--------------|------------|
| Extracto etéreo (%) | 5,5±0,3 | ND | 2,15±0,07 |
| Azúcares totales (%) | 12,7±0,2 | 15,500±0,032 | ND |
| Celulosa (%) | ND | ND | 19,76±0,20 |
| Lignina (%) | ND | ND | 9,68±0,30 |
| Hemicelulosa (%) | ND | ND | 12,45±0,30 |
| Cenizas totales (%) | 13,46±0,07 | 0,996±0,001 | 13,68±0,22 |

Nota: ND: No determinado

El contenido de humedad en el cardón dato es mayor con respecto al obtenido en la corteza de cambur y polvo de zábila, debido a su análisis en base húmeda, en tanto polvo de zábila se encontró por debajo del 10% a causa del secado industrial aplicado. Al comparar estos resultados con reportado en soportes aplicados en la obtención de pectina, se precisa que son mayores a los reportados en cáscara de mango, cáscara de naranja y cáscara de cacao (Tabla 4). En el polvo de zábila, la humedad es inferior al reportado en los desechos de maíz, residuos del cultivo de banano y demás biomasa vegetal reportada, por lo tanto, éste tiene condiciones para ser empleados en procesos fermentativos enzimáticos. Un material seco, minimiza la actividad enzimática y microbiológica, por lo tanto, se preservan los componentes estructurales del material vegetal como: la celulosa, hemicelulosas y pectina entre otros (Prescott *et al.*, 1999 y Gallardo *et al.*, 2016).

El pH de todas las biomásas es ácido, el más bajo se obtiene en el polvo de zábila respecto a la corteza de cambur, en tanto, en la pulpa cardón dato resultó mayor a estos. Este parámetro puede relacionarse con los ácidos orgánicos de su composición química. En las biomásas con aplicación pectínica la composición puede asociarse a los ácidos galaturónicos, que es la principal unidad básica de todas las sustancias pécticas (Rodríguez y Zepeda, 2016). En tanto el pH del polvo de zábila, puede representar un factor de prevención a la actividad bacteriana, sin embargo, su aplicación como sustrato fermentativo mediante hongos celulíticos como el

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

Trichoderma reesei debe ajustarse al intervalo 5,5-6,2 (Ferrer *et al.*, 2011).

El contenido de proteínas totales de la biomasa de cambur y zábila, se obtienen en niveles similares y superiores al del cardón dato. Comparando los resultados obtenidos, se encuentran dentro del intervalo reportado en biomásas aplicadas en la extracción de pectinas y obtención de enzimas (Tabla 3). Este parámetro expresa que los materiales tienen valor nutritivo, por lo tanto, puede usarse como fuente de alimentación no afectando los procesos extractivos de pectinas (Sáenz, *et al.*, 2006; Cerón *et al.*, 2011). En la biomasa de zábila, este parámetro puede contribuir a la nutrición del microorganismo aplicado en la fermentación sumergida con fines enzimáticos (Prescott *et al.*, 1999).

La fibra cruda, es un parámetro de mayor referencia en estudios biotecnológicos que extractivos de pectina. En el polvo de zábila, el resultado es mayor al reportado al residuo de papa, pero menor al de los residuos de maíz, hojas de banano y el bagazo de caña (Tabla 3). Este parámetro, es un indicador de la composición estructural de las especies vegetales, que pueden contener las sustancias como carbohidratos y proteína con grandes cantidades de pectina formando una matriz viscosa que consolida toda su pared (Segura *et al.*, 2007). Este parámetro, para fines fermentativos enzimáticos resulta adecuado ya que puede contribuir a la nutrición del hongo celulítico como fuente de carbono complementario ya que aporta los nutrientes al medio de cultivo del microorganismo para su desarrollo (Prescott *et al.*, 1999).

El extracto etéreo, comprende el contenido lipídico en las biomásas estudiadas. Este parámetro es superior en la corteza de cambur comparado con la corteza de zábila. El resultado obtenido en la corteza de cambur es superior a los encontrados en los materiales utilizados para extraer pectina, en tanto el polvo de zábila se encuentra en el intervalo de los soportes utilizados con propósitos enzimáticos lo cual puede ser ventajoso para contribuir a la nutrición microbiana durante la fermentación (Prescott *et al.*, 1999). En las investigaciones enfocadas a la obtención de pectina, no señalan ningún efecto de la fracción lipídica en su extracción.

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

El contenido de azúcares totales en la pulpa de cardón dato, es mayor respecto encontrado en la corteza de cambur. Tales resultados se encuentran en el intervalo que encierra la cáscara de mango y la cáscara de cacao utilizados en la extracción de pectina. Este parámetro es reflejo de los hidratos de carbono existentes en las biomásas antes mencionadas que se pueden relacionar indirectamente el contenido pectina y otros polisacáridos complejos (Saavedra, 2015).

La biomasa correspondiente al polvo de residuo de zábila es principalmente lignocelulósica, con presencia de celulosa en mayor cantidad, seguido de hemicelulosa y lignina. El contenido de celulosa resultante es mayor al reportado en los desechos de maíz, pero menor respecto al residuo de banano y residuo de caña. En cuanto a la hemicelulosa, se precisa, que es inferior a los determinados en los materiales ya señalados. Las referencias comparativas, son la evidencia de la utilización de biomasa lignocelulosica en aplicaciones enzimáticas logradas con hongos celulolíticos. Por otro lado, estos parámetros son una referencia para el conocimiento de la contribución esta biomasa a la nutrición del hongo ya que constituye su fuente de carbono principal y el sustrato que aporta los nutrientes fundamentales para su desarrollo y crecimiento (Prescott *et al.*, 1999).

La biomasa de zábila presenta un contenido de lignina mayor comparable al reportado en el residuo del cultivo de banano y bagazo de caña, sin embargo, este resultado es bajo con relación al encontrado en el residuo de maíz. La lignina, es un componente de la pared celular de las plantas en conjunto con la celulosa y hemicelulosa. Paredes *et al.* (2010), señala que esta sustancia, puede afectar los procesos fermentativos ya que restringe el acceso a la actividad microbiana, sin embargo, al emplear residuo del banano al natural con fines enzimáticos empleando *Trichoderma reesei*, obtuvo respuesta a la actividad celulolítica sin aplicar tratamiento, sin embargo, se recomienda la adecuación previa del material previo a la fermentación. Por su parte, Piñero y Díaz, (2010), refieren que la molienda de la biomasa conlleva a un tamaño de partícula más fino, lo que puede contribuir a la digestibilidad de la cepa microbiana, de esta manera

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

se rompería la pared celular y hacer su contenido nutricional más accesible a la celulosa al ataque enzimático. En este sentido, disponer de la biomasa de zábila en polvo puede favorecer el proceso fermentativo de interés enzimático.

El contenido de ceniza en las biomásas de cambur y zábila son similares pero superiores al encontrado en la pulpa del cardón dato. La comparación de los resultados respecto a otros soportes utilizados en la extracción de pectinas se determina que la biomasa de cambur presenta cenizas en una cantidad superior a todos los materiales, mientras que el cardón dato reporta el resultado más bajo. En cuanto a la corteza de zábila, este parámetro, es superior respecto al presentado en el desecho de maíz, residuos de papa y bagazo de caña, sin embargo, es menor respecto al residuo de cultivo de banano. Las cenizas en materiales con fines de extracción de pectina pueden afectar la habilidad de esta sustancia de gelificarse (Miyamoto y Chang, 1992). En cuanto a la biomasa con fines enzimáticos, contribuyen al aporte de nutrientes que pueden favorecer el desarrollo de la actividad fúngica (Moyano *et al.*, 2014). Este parámetro representa el contenido de minerales que contienen cada biomasa vegetal el cual es absorbido por el mismo como nutriente del terreno donde se haya cultivado estas plantas (Moreno *et al.*, 2020).

Los parámetros determinados están influenciados por varios factores como la variedad del residuo, localidad donde se cultiva, condiciones ambientales, tipo de suelo del cultivo, La comparación de tales parámetros de las biomásas vegetales de cambur, cardón de dato y zábila, con relación a otras materias primas de las cuales se extrae pectina y se obtienen enzimas celulíticas, se evidencian que estos materiales reúnen condiciones físicas y de composición para ser utilizado para similar propósito.

Tabla 4.

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

Comparación de los parámetros fisicoquímicos de las biomásas empleadas en el estudio respecto otros materiales.

| Parámetros | Resultados | | | Referencia comparativa | | | | | | |
|----------------------|------------|-------|-------|------------------------|----------|-------|-------|---------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | Pectinas | | | Enzimas | | |
| | | | | | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Humedad (%) | 89,8 | 95,08 | 2,76 | 80,00 | 85,9 | 8,17 | <10 | 0,28 | <10 | <10 |
| pH | 4,8 | 5,48 | 4,45 | - | 3,93 | - | - | - | - | - |
| Proteína cruda (%) | 4,3 | 3,65 | 4,37 | 0,50 | 6,16 | 4,59 | 3,58 | 15,17 | 12,30 | 2,42 |
| Fibra cruda (%) | ND | ND | 16,94 | 0,56 | - | 32,05 | 32,32 | 6,32 | 34,20 | 36,62 |
| Extracto etéreo(%) | 5,5 | ND | 2,15 | 0,14 | 1,55 | 0,60 | 2,38 | 1,5 | 2,3 | 1,4 |
| Azúcares totales (%) | 12,7 | 15,50 | ND | 9,33 | 15,49 | 45,42 | 27,94 | - | - | - |
| Celulosa (%) | ND | ND | 19,76 | - | - | - | 10,37 | - | 36,6 | 29,34 |
| Lignina (%) | ND | ND | 9,68 | - | 3,2 | - | 32,75 | - | 8,5 | 7,10 |
| Hemicelulosa (%) | ND | ND | 12,45 | - | - | - | 30,80 | 25,51 | 27,39 | 31,59 |
| Cenizas totales (%) | 13,46 | 0,996 | 13,68 | 9,17 | 3,29 | 8,59 | 2,62 | 3,9 | 16,10 | 2,28 |

Fuentes: 1- Biomasa de cambur; 2- Biomasa de cardón de dato; 3- biomasa de zábila (Polvo); 4- Cáscara de Mango (Fustamante y Valdera, 2019); 5- Cáscara de naranja (Cerón *et al.*, 2011); 6- Cáscara de cacao (Castillo *et al.*, 2018); 7- Desechos de maíz: Hojas y mazorca (Campos y Navarro, 2014); 8- Residuo de papa (Parlione *et al.*, 2017); 9- Residuos de cultivo de banano: hojas en base seca (Paredes *et al.*, 2010); 10-Bagazo de caña en base seca (Vera *et al.*, 2021).

Leyenda: ND- No determinado; (-) No reportado por los autores.

CONCLUSION

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

La composición fisicoquímica de la biomasa de cáscara de cambur, cardón dato y polvo de zabila, contribuye a establecer sus potencialidades de uso como materias primas para la obtención de pectinas y enzimas celulíticas, ya que mostraron resultados similares en estudios de este tipo, lo cual expresa las posibilidades de explotación de tales soportes para el beneficio de la industria alimentaria.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

AGRADECIMIENTO

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

REFERENCIAS

- Abdullah, N.; Ejaz, N.; Abdullah, M.; Un Nisa, Alim y Firdous, S. (2006). Lignocellulosic Degradation in Solid-State Fermentation of Sugar Cane Bagasse by *Termitomyces* sp. *Micología Aplicada Internacional*, 18(2), 15–19. <https://n9.cl/9gqkp>
- 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 the peel of bananas (*Musa AAB*)]. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*, 28, 523-539. <https://n9.cl/vfwp1>
- Association Official Analytical Chemist. (1980). Official Methods of Analysis (AOAC-2057) Determinación de proteína cruda. Washington, EEUU.
- Ávila, E. (2019). *Extracción y caracterización de pectina a partir de residuos de cáscaras de piña (Ananas comosus) por el método de hidrólisis. [Extraction and characterization of pectin from pineapple peel residues (Ananas comosus) by the hydrolysis method]* (tesis de pregrado), Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia. <https://n9.cl/3yf6d>

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

- Bozo, O. y García, E. (2005). *Obtención de Harina a partir de la pulpa de cardón de dato (Lemaireocereus griceus) con fines agroindustriales. [Obtaining flour from the pulp of cardón de datos (Lemaireocereus griceus) for agroindustrial purposes]* (tesis de pregrado), Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Venezuela
- Cabrera, E.; León, V.; Montano, A. y Ramírez, D. (2017). Caracterización de residuos agroindustriales con vistas a su aprovechamiento. [Characterization of agro-industrial waste with a view to its use]. *Revista Centro Azúcar*, 43(4), 27-35. <https://n9.cl/l2265>
- Campos, C. y Navarro, A. (2014). Obtención de concentrado proteico de origen microbiano a partir del desecho del maíz (*Zea mays*) como sustrato. [Obtaining protein concentrate of microbial origin from the waste of corn (*Zea mays*) as a substrate] (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>
- 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>
- 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. (1979). Alimentos para animales. Determinación de fibra cruda (Norma 1194-79). [Animal feed. Determination of crude fiber (Standard 1194-79)]. SENCAMER, Venezuela. <https://n9.cl/hzd3q>

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

- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1981). Alimentos. Determinación de extracto etéreo (Norma 1785-81). [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. (1979). Alimentos. Determinación de cenizas (Norma 1155-79). [Foods. Determination of ashes (Standard 1155-79)]. SENCAMER, Venezuela. <https://n9.cl/n1eyl>
- Del Moral, S.; Ramírez, L. y García, L. (2015). Aspectos relevantes del uso de enzimas en la industria de los alimentos. [Relevant aspects of the use of enzymes in the food industry]. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(3), 87-102, <https://n9.cl/enjc>
- Emaldi, U.; Nassar, J. y Semprum, C. (2006). Pulpa del fruto del cardón dato (*Stenocereus griseus*, Cactaceae) como materia prima para la elaboración de mermelada. [Pulp of the fruit of the cardón data (*Stenocereus griseus*, Cactaceae) as raw material for the production of jam]. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 56(1), 83-89. <https://n9.cl/v20ew>
- Ferrer, Y.; León, M.; Álvarez, G.; Dusted, J.; Duque, A.; Ibañez, M. y Tortoló, K. (2011). Selección de hongos aislados de bagazo de caña con actividad celulasa sobre celulosa cristalina para posibles aplicaciones industriales. [Selection of fungi isolated from cane bagasse with cellulase activity on crystalline cellulose for possible industrial applications]. *Revista ICIDCA*, 45(1), 3-12. <https://n9.cl/g0k66>
- 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>
- Gallardo, J.; Terán, Y.; Mujica, Y.; Rodríguez, E.; Barazarte, H.; Petit, D. y D'Aubeterre, R. (2016). Análisis de las características fisicoquímicas de la pulpa del fruto de *Opuntia elatior miller*. [Analysis of physical and chemical characteristics of the pulp of *Opuntia elatior Miller* fruit]. *Revista ASA*, 1, 52-67. <https://n9.cl/3gnz2>

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

- Hernández, D.; Cerrato, R. y Alarcón, A., (2019). *Trichoderma*: importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. [Trichoderma: agricultural, biotechnological importance, and fermentation systems to produce biomass and enzymes of industrial interest]. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 35(1), 98-112, <https://n9.cl/au077>
- Manals, E.; Salas, D.; y Penedo, M. (2018). Caracterización de la biomasa vegetal cascarilla de café. [Characterization of plant biomass coffee husk]. *Tecnología Química*, 38(1), 169-181. <https://n9.cl/4wc0i>
- Miyamoto, A. y 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.; Gutiérrez, J.; Márquez, D. y Heredia, N. (2017). Evaluación del bagazo de sábila para la extracción de pectina a escala de laboratorio. [Evaluation of aloe vera bagasse for pectin extraction on a laboratory scale]. *Cienciamatria Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología*, 3(5), 117-132. <https://n9.cl/qza7w>
- Moreno, M.; Crespo, L. y Quintero, M. (2018). Extracción de pectina de las vainas de *Moringa oleífera* y su aplicación en una mermelada. [Extraction of pectin from the pods of *Moringa oleífera* and its application in a jam]. *Revista Monteverdia*, 11(2), 1-9. <https://n9.cl/2t2ld>
- Moreno, M.; Gutiérrez, J.; Gutiérrez, E. y Sánchez, F. (2020). Formulación de un pegamento a base de dextrina y pectina obtenidas de residuos vegetales. [Formulation of a glue based on dextrin and pectin obtained from vegetable residues]. *Avances en Química*, 15(1), 13-22, <https://n9.cl/1hi5u>
- Moyano, M.; Borrás, L. y Carreño, N. (2014). *Fermentación en estado sólido (FES) de la papa (Solanum tuberosum), como alternativa tecnológica para la alimentación animal*. [Solid state fermentation (SSF) of potato (Solanum tuberosum), as a technological alternative for animal feed] (tesis de doctorado), Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Colombia. <https://n9.cl/d7r2q>
- Patiño, P. (2014). Biomasa Residual Vegetal: Tecnologías de transformación y estado actual. [Vegetal Residual Biomass: Transformation technologies and current status]. *Innovaciencia Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 2(1), 45-45. <https://n9.cl/tqn7z>

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

- Paredes, D.; Álvarez, M. y Silva, M. (2010). Obtención de enzimas celulasas por fermentación sólida de hongos para ser utilizadas en el proceso de obtención de bioalcohol de residuos del cultivo de banano. [Obtaining cellulase enzymes by solid mushroom fermentation to be used in the process of obtaining bioalcohol from banana crop residues]. *Revista Tecnológica ESPOL-RTE*, 23 (1), 81-88. <https://n9.cl/au9v2>
- Parlione, V.; Matute, L. y Román, H. (2017). Utilización de un aislado de *Trichoderma* sp. para la fermentación de residuos de papas (*Solanum tuberosum* L.) y harina de girasol (*Heliantus annuus* L.) en procesos de ensilaje. [Use of an isolate of *Trichoderma* sp. for the fermentation of potato residues (*Solanum tuberosum* L.) and sunflower meal (*Heliantus annuus* L.) in silage processes]. *Revista Facultad de Agronomía*, 43(1), 15-24. <https://n9.cl/85ni5>
- Pinero, J. y Díaz, I. (2010). Optimización de un medio de cultivo para la producción de biomasa de *Nocardia* sp. a partir de residuos de naranja como sustrato. [Optimization of a culture medium for biomass production of *Nocardia* sp. from orange waste as a substrate]. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 30(2), 102-108. <https://n9.cl/kdir1>
- Prescott, L.; Harley, J. y Klein, D. (1999). Microbiología. [Microbiology]. (4ta Edición). España, Mc Graw Hill Interamericana de España.
- 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. *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO*. [Agroindustrial use of nopal. FAO Agricultural Services Newsletter], (162), 35-46. <https://n9.cl/9lexk>
- Segura, F.; Echeverri, R.; Patiño, A. y Mejía, A. (2007). Descripción y discusión acerca de los métodos de análisis de fibra y del valor nutricional de forrajes y alimentos para animales. [Description and discussion about the methods of fiber analysis and the nutritional value of forages and animal feed]. *Vitae*, 14(1), 72-81. <https://n9.cl/apxlv>

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

- 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>
- 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>
- Urango, K.; Ortega, F.; Hernández, 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 Microwave]. *Revista Información Tecnológica*, 29(1), 129-136. <https://n9.cl/jqs10>
- Tapia, C. (2015). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales, cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.) Variedad arriba y ccn51 para la elaboración de una infusión. [Use of agro-industrial residues, cocoa husks (Theobroma cacao L.) Variety above and ccn51 for the preparation of an infusion]* (tesis de pregrado), Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. <https://n9.cl/cjd4m>
- 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>
- Vera, J.; Medranda, T.; Siguencia, J.; Mendieta, R. y Pérez, M. (2021). Caracterización nutricional de los residuos orgánicos en la caña de azúcar del cantón La Troncal. [Nutritional characterization of organic residues in sugar cane from La Troncal canton]. *Hombre, Ciencia y Tecnología*, 25(2), 110-118. <https://cutt.ly/fSSpRVc>
- 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 residue by microwave-assisted acid hydrolysis (HMO)]. *Revista Investigación & Desarrollo*, 1(15), 65-76. <https://n9.cl/e7icw>

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

©2022 por el autor. 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/>).