

Análisis de las fases obtenidas en la carbonización hidrotérmica de residuos cítricos

Norma Alejandra Vallejo-Cantú*, Areli Galván-Hernández, Erik Samuel Rosas-Mendoza y Alejandro Alvarado-Lassman

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba, Veracruz, México.

* Autor de correspondencia: norma.vc@orizaba.tecnm.mx; Tel.: 2721392788

Desarrollo Sustentable (Gestión y aprovechamiento de residuos sólidos). **Ponencia Presencial.**

Recibido: 16 de junio de 2023

Aceptado: 25 de agosto de 2023

Publicado: 23 de noviembre de 2023

Palabras clave: Carbonización hidrotérmica; Residuos Cítricos; Bioaceite; Hidrochar.

Introducción. La industria de procesamiento de cítricos genera enormes cantidades de residuos, principalmente en forma de pulpa y cáscaras. La cáscara representa casi el 50 % de la masa del fruto húmedo que requiere un manejo adecuado debido a su alta biodegradabilidad y rápida fermentación. Por lo tanto, la eliminación directa de este producto secundario sin un procesamiento adecuado previo, plantea graves problemas ambientales y pérdidas económicas para la industria de los cítricos, ya que las estrategias tradicionales de eliminación como la incineración o el vertido, son costosas e insuficientes en términos de protección ambiental y eficiencia energética (Satira et al., 2021). La literatura indica que la cáscara de naranja contiene 23 % de azúcar, 22 % de celulosa, 25 % de pectinas y 11 % de hemicelulosa (Ayala et al., 2021). Con estos valores las transformaciones termoquímicas son opciones factibles. Se han realizado varias investigaciones utilizando residuos lignocelulósicos, residuos sólidos urbanos y lodos de depuradora, recursos amplios y renovables que pueden transformarse en sólidos, líquidos y gases mediante la utilización de tecnología termoquímica (Ipiates et al., 2021). El proceso de carbonización hidrotérmica (CHT) presenta varias ventajas ya que se puede realizar a bajas temperaturas (180-350 °C) en comparación con los otros procesos de carbonización de biomasa convencionales como la incineración, gasificación y pirólisis (Khan et al., 2019). El objetivo de este trabajo es analizar e identificar los subproductos (gas, bioaceite y hidrochar) de la CHT de residuos cítricos a fin de darles un valor agregado y analizar el rendimiento de estos subproductos para su posterior aplicación.

Materiales y Métodos. La materia prima se recolectó del mercado "Emiliano Zapata" de la ciudad de Orizaba y constó principalmente de cáscaras de naranja. Se acondicionó con una reducción de tamaño de forma manual y posteriormente se realizó una trituración, con un procesador de alimentos Oster®, modelo BLSTKAG-RPB. El proceso de carbonización hidrotérmica se realizó en un reactor encaquetado de acero inoxidable de alta presión modelo CF-1 con tapa atornillada y control de temperatura. Los parámetros de operación fueron los siguientes: tiempo de residencia de (1, 2, 3 h) y una temperatura de 180 °C. Los análisis realizados fueron pH, ST y SV. La mezcla del residuo cítrico y agua fue de 350 g de residuo cítrico y 350 g de agua (relación 50:50) a fin de obtener una mayor humedad.



Figura 1. Reactor de carbonización hidrotérmica.

Resultados. Los parámetros obtenidos en la caracterización del residuo cítrico muestran que estos residuos contienen un alto contenido de humedad, además de un pH bajo lo que indica la presencia de ácidos concentrados. Las características coinciden con los resultados obtenidos por López Puga et al. (2020), en el cual obtuvo un pH de 4.09, cenizas de 5.09 % y SV de 94.90 % para una mezcla de residuos de naranja y limón.

Tabla 1. Caracterización Físicoquímica de RSC

Parámetros	Contenido
Humedad (%)	96.31
Cenizas (% m/m)	4.694
pH	4.06
ST (% m/m)	18.7514
SV (% m/m)	95.305

Como fases de la CHT se obtuvo un sólido (hidrochar), una fase acuosa (bioaceite) y una fase gaseosa (CO₂). En la Tabla 2 se muestra los resultados de las cantidades obtenidas en los diferentes tiempos de residencia, se puede observar que entre menor tiempo de residencia mayor es la concentración de bioaceite y entre mayor tiempo de residencia mayor es la concentración de hidrochar. Se obtuvo un mejor resultado que los reportados por Arias Guevara (Arias Guevara, 2021), donde reportó como valor máximo 483 g de bioaceite a la misma temperatura y tiempos de residencia de (1, 2 y 3 h), sin embargo, obtuvo una mayor cantidad de hidrochar reportando 218 g. del mismo modo se tuvieron mejores resultados que los reportados por Castillo Vargas (Castillo Vargas, 2023), quien reporto 409 g de bioaceite como valor máximo y 189 g de hidrochar.

Tabla 2. Balance de Materia del RSC

Temperatura/ Tiempo 180°C	Residuo (g)	Agua (g)	Hidrochar (g)	Bioaceite (g)	Gas CO ₂ (g)
1 h	350	350	92	566	3.6
2 h	350	350	100	544	3.8
3 h	350	350	120	512	4.2

Conclusiones. El empleo de la carbonización hidrotérmica (CHT) en residuos cítricos, favorece el manejo adecuado para prevenir la contaminación ambiental además de darle un valor agregado. Los subproductos obtenidos a partir de la CHT, dependen en gran medida de parámetros operacionales como tiempo de residencia, temperatura y relación biomasa/sustrato. En este trabajo se establecieron tiempos cortos y una temperatura baja favoreciendo la concentración de bioaceite. En trabajos posteriores se empleará el bioaceite producido en el proceso de digestión anaerobia evaluando su biodegradabilidad y la producción de metano.

Bibliografía.

- Arias Guevara, K. (2021). Obtención y aplicación de hidrochar de residuos cítricos y residuos sólidos orgánicos urbanos como pretratamiento para mejorar el potencial de metanización en la digestión anaerobia. *Orizaba: Instituto Tecnológico de Orizaba*.
- Ayala, J. L., Montero, G., Coronado, M. A., García, C., Curiel, M., León, J., Sagaste, C. A., y Montes, D. G. 2021. Characterization of Orange Peel Waste and Valorization to Obtain Reducing Sugars. *Molecules*, 26(5): 1348. <https://doi.org/10.3390/molecules26051348>
- Castillo Vargas, M. F. (2023). Generación de bioenergéticos por métodos termoquímico y biológico a partir de residuos sólidos urbanos preseleccionados. *Orizaba: Instituto Tecnológico de Orizaba*.
- Ipiates, R. P., De La Rubia, M., Diaz, E., Mohedano, A. F., y Rodríguez, J. J. 2021. Integration of Hydrothermal Carbonization and Anaerobic Digestion for Energy Recovery of Biomass Waste: An Overview. *Energy & Fuels*, 35(2 1): 17032-17050. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.1c01681>
- Khan, T., Saud, A. S. H., Jamari, S. S., Rahim, M. S. M., Park, J., & Kim, H. (2019). Hydrothermal carbonization of lignocellulosic biomass for carbon rich material preparation: A review. *Biomass & Bioenergy*, 130, 105384. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.105384>
- López-Puga, A., Reyes-Contreras, J. M., Vallejo-Cantú, A., Alvarado-Lassman, A., y Rosas-Mendoza, E. S. 2022. Utilización de residuos de naranja y limón como una fuente potencial de biocompostible sólido. *Coloquio de Investigación Multidisciplinaria CIM*. ISSN: 2007 8102 <http://repositorios.orizaba.tecnm.mx:8080/xmlui/handle/123456789/723>
- Satira, A., Paone, E., Bressi, V., Donato, N., Marra, F., Calabrò, P., Mauriello, F., & Espro, C. (2021). Hydrothermal Carbonization as Sustainable Process for the Complete Upgrading of Orange Peel Waste into Value-Added Chemicals and Bio-Carbon Materials. *Applied Sciences*, 11(22), 10983. <https://doi.org/10.3390/app112210983>