

VALORIZACIÓN DE RESIDUOS ALIMENTARIOS MEDIANTE TRATAMIENTO HIDROTHERMAL: OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES Y APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS

B. Chiguano-Tapia¹, J.L. Sanchez-Salvador¹, M.A. de la Rubia^{1,2}, J.J. Rodriguez¹, A.F. Mohedano^{1,2}, E. Diaz^{1,2}

¹*Departamento de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Madrid, 28049, Madrid, España*

²*Institute for Advanced Research in Chemistry (IAdChem), Universidad Autónoma de Madrid, 28049, Madrid, España*

bryan.chiguano@uam.es

Palabras clave: licuefacción hidrotermal, valorización de residuos, biocrudo.

La licuefacción hidrotermal (HTL) es un proceso termoquímico que permite la transformación de residuos biomásicos con alto contenido en humedad en una fracción biocrudo, caracterizada por un elevado poder calorífico y con potencial para ser empleada como combustible [1]. Además, en el proceso se genera una fracción acuosa (agua de proceso) con elevado contenido en compuestos orgánicos, y un material carbonoso (hidrochar), enriquecido en carbono, que puede emplearse como biocombustible, mejorador de suelo y precursor de carbón activo [2]. La producción de una fracción gaseosa, compuesta principalmente por CO₂, depende de la temperatura del proceso, situándose entre el 20-45%. En este trabajo se aborda la HTL, convencional y catalítica, de residuos de matadero (RM) y residuos alimentarios (RA), con el objetivo de optimizar las condiciones de operación para maximizar su valoración energética.

El RA mostró una alta humedad (92–95%) y un contenido de carbono y cenizas del 45% y 6%, respectivamente. En cambio, el RM presentó menor humedad (63–67%), mayor contenido de carbono (62%) y menor proporción de cenizas (3%). Los ensayos de HTL se llevaron a cabo en un reactor de alta presión de 1,8 L (modelo 4570, Parr Instrument Company, EE. UU.) a temperaturas comprendidas entre 240 °C y 350 °C y 60 min, alimentando el residuo a una concentración de sólidos entre el 5% y el 15%. En la HTL catalítica se utilizaron catalizadores homogéneos (KOH 10 mM, HCl 0,5 M y CH₃COOH 0,5 M) y heterogéneos (Pd/Al₂O₃, Pt/Al₂O₃, Fe/Al₂O₃, 10% p/p). Los productos de la HTL se recuperaron mediante centrifugación, lavado, extracción, destilación y secado. Posteriormente, se caracterizaron mediante análisis elemental, proximal, y determinación de inorgánicos y metales pesados. El biocrudo fue evaluado adicionalmente por su densidad, viscosidad, número ácido y perfil de destilación simulada por termogravimetría.

La Figura 1 recoge el rendimiento a las distintas fracciones para los dos residuos tratados. A partir de RM se obtuvieron elevados rendimientos a la fracción biocrudo (> 60% a 300 °C), que se caracterizó en todos los casos por un alto contenido de carbono (≈75%), un contenido medio en oxígeno del 12% y un poder calorífico situado entre 38 y 40 MJ/kg). Por su parte, el rendimiento a biocrudo a partir de RA resultó inferior (21-30%), al igual que el poder calorífico que se situó en torno a 35 MJ/kg, no existiendo diferencias significativas en cuanto a su composición en carbono y oxígeno (73% y 16%, respectivamente). La aplicación de catalizadores ácidos durante la HTL de RM resultó en un aumento del rendimiento de biocrudo utilizando CH₃COOH a 240 °C, sin afectar significativamente la producción de hidrochar, que se mantuvo en torno al 10% del peso seco inicial. El uso de catalizadores heterogéneos generó un leve aumento en el

rendimiento de biocrudo de RA asociada a una reducción en la formación de hidrochar (32% y 16%, respectivamente, con Pt/Al₂O₃ a 330 °C), mientras que el empleo de KOH tuvo el efecto opuesto.

El análisis de las propiedades del biocrudo reveló un elevado índice de acidez, con valores comprendidos entre 40 y 120 mg KOH/g. El uso de catalizadores mostró un efecto positivo, logrando una reducción significativa de este índice en los biocrudos obtenidos a partir de RA (40 y 50 mg KOH/g). La Figura 2 representa la composición del biocrudo (nafta pesada, queroseno, gasoil, gasoil de vacío y residuos) determinada a partir de la simulación de la curva de destilación fraccionada mediante termogravimetría. El biocrudo obtenido a partir de RM presentó mayor porcentaje de la fracción queroseno y gasoil (40 – 47%), mientras que los biocrudos derivados de RA mostraron una mayor proporción de fracciones ligeras (<271 °C, nafta pesada y queroseno), alcanzándose proporciones del ~68% en la HTL catalítica empleando KOH y Pd/Al₂O₃.

La producción de hidrochar fue despreciable en el caso de la HTL de RM y poco significativa en la HTL de RA. Este se caracterizó por un contenido en C superior al 60% y un poder calorífico próximo a 26 MJ/kg. La caracterización del hidrochar permitió determinar su viabilidad para ser empleado como enmienda de suelo respetando los límites de concentración de metales pesados. El agua de proceso presentó una alta carga orgánica (COT: 45 g/L para RM y 14 g/L para RA) y una concentración de N y P entre 1,4 – 7,6 mg/L y 20 - 50 mg/L, lo que respalda su potencial valorización mediante reformado en fase acuosa.

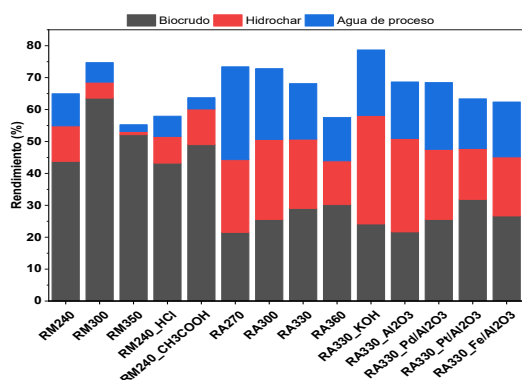


Figura 1. Rendimiento a productos de licuefacción hidrotermal.

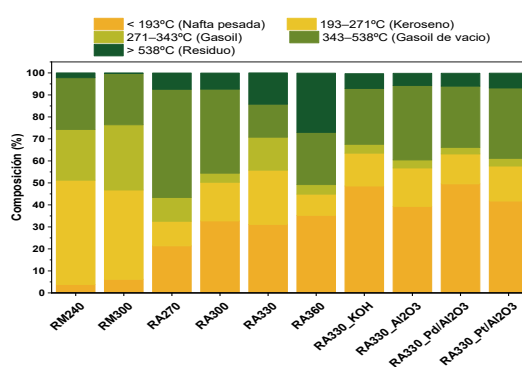


Figura 2. Destilación fraccionada simulada de los biocrudos.

Los resultados obtenidos evidencian el potencial de la HTL para la valorización de RA y RM mediante la producción de biocrudo con aplicabilidad como biocombustible. La calidad de éstos se ve notablemente mejorada al aplicar HTL catalítica. En futuros estudios, se plantea la optimización de las condiciones del proceso catalítico, así como la exploración de rutas de valorización alternativas para el hidrochar y el agua de proceso.

Agradecimientos: Los autores agradecen la financiación del MCIN/AEI/10.13039/501100011033, UE “NextGenerationEU/PRTR” (PID2022-138632OB-I00) y de la Comunidad de Madrid (TEC-2024/BIO-177). B. Chiguano-Tapia agradece la beca de investigación PREP2022-000792. J.L. Sanchez-Salvador agradece la JDC2023-051071-I subvencionada por MICIU/AEI /10.13039/501100011033 y FSE+.

Referencias

- [1] Y. Tian, F. Wang, J. O. Djandja, S. L. Zhang, Y. P. Xu and P. G. Duan, Fuel, 265 (2020) 116946.
- [2] R. Bao, S. Wang, J. Feng, Y. Duan, K. Liu, J. Zhao, H. Liu and J. Yang Energy Fuels, 2024, 38, 8437–8459.