

# Valorización sostenible de biocrudo procedente de residuos textiles mediante hidrogenación catalítica utilizando 1-butanol como disolvente y donante de hidrógeno

Berta Centro-Elía, Lucía García, Jesús Arauzo, Javier Remón

Grupo de Procesos Termoquímicos  
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)  
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.  
Tel. +34-976762708, e-mail: bcentro@unizar.es

## Resumen

Este trabajo desarrolla un proceso sostenible de hidrogenación para valorizar biocrudo textil, utilizando 1-butanol como disolvente y donante de hidrógeno. El uso de un catalizador bimetalico Ni-Co/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO permitió alcanzar una eficiencia de desoxigenación de alrededor del 60% y un rendimiento a producto mejorado del 65%. Esta mejora incrementó el poder calorífico superior (PCS) del biocrudo de partida de 28 a 37 MJ/kg, lo que permitió obtener un producto final de alta densidad energética.

## Resultados

La valorización termoquímica de residuos textiles heterogéneos para la obtención de biocombustibles líquidos constituye una estrategia fundamental de economía circular para mitigar la huella ambiental de la industria textil. Una alternativa prometedora para lograrlo, consiste en someter a los residuos textiles a un tratamiento hidrotermal (HTT, por sus siglas en inglés), un proceso que utiliza agua en condiciones subcríticas como medio de reacción. Sin embargo, el biocrudo líquido obtenido presenta propiedades que dificultan su uso directo como biocombustible, derivadas principalmente de un alto contenido de oxígeno, lo que compromete gravemente su estabilidad térmica y su poder calorífico.

En este contexto, este estudio investiga una ruta avanzada de hidrogenación catalítica (HDO) para transformar el biocrudo de origen textil en un prometedor precursor de biocombustible, que pueda utilizarse tanto de forma individual en sustitución

directa (*drop-in*), como mezclado con combustibles fósiles tradicionales. Con el objetivo de mejorar la seguridad del proceso y su sostenibilidad global, esta investigación evita los riesgos asociados al hidrógeno molecular a alta presión mediante el empleo de 1-butanol renovable como disolvente y agente donador de hidrógeno líquido.

Los resultados experimentales muestran que, al utilizar un catalizador bimetalico basado en Ni (Ni-Co/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO), el 1-butanol sufre una rápida descomposición, liberando especies de hidrógeno altamente reactivas, ofreciendo una vía alternativa de hidrogenación, evitando problemas difusionales gas-líquido asociados al uso de H<sub>2</sub> gas y mejorando la reactividad del proceso, debido a la formación de dichas especies en las proximidades del catalizador. Este mecanismo de transferencia de hidrógeno reduce selectivamente los grupos funcionales oxigenados recalcitrantes, mientras que el soporte básico preserva la integridad del catalizador al disminuir la coquización y la desactivación carbonosa. La optimización del proceso se llevó a cabo meticulosamente mediante una metodología de Diseño de Experimentos (DoE), evaluando la interacción sinérgica de la temperatura de reacción (250–350 °C), el tiempo de residencia (20–120 min), la carga de catalizador por masa de biocrudo (0,1–0,5 g/g) y la relación másica disolvente/biocrudo (1,6–4,0 g/g).

Bajo condiciones óptimas (250 °C, 120 min, 0,5 g de catalizador/g de biocrudo y 3 g de butanol/g de biocrudo), se alcanzó una excepcional eficiencia de desoxigenación de aproximadamente el 60 %. Esta reducción de oxígeno se tradujo en un notable incremento del 32 % en el PCS, elevándolo desde un

valor base de 28 MJ/kg hasta unos competitivos 37 MJ/kg, junto con una pronunciada densificación del carbono. El biocrudo mejorado catalíticamente exhibe relaciones atómicas H/C y O/C optimizadas, lo que garantiza su estabilidad fisicoquímica a largo plazo y mitiga eficazmente los efectos perjudiciales del envejecimiento propios de los biocrudos brutos. Mediante la integración sinérgica de un proceso de HTT optimizado con esta innovadora HDO impulsada por 1-butanol, este trabajo establece un paradigma tecnológico sólido y más limpio para transformar residuos textiles problemáticos en biocombustibles líquidos de alta densidad energética, alineándose a la perfección con la necesidad global de alcanzar una bioeconomía neutra en carbono en la industria textil.

## Conclusiones

Los resultados demuestran que el empleo de 1-butanol como donante de hidrógeno es una alternativa viable y segura a los sistemas convencionales de alta presión para la mejora de biocrudos. El proceso de hidrodesoxigenación optimizado, mediado por el catalizador bimetalico Ni-Co/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO, permite obtener un biocombustible con propiedades fisicoquímicas superiores, alcanzando un poder calorífico de 37 MJ/kg. En definitiva, esta ruta catalítica no solo mejora la calidad energética del producto final, sino que también establece un paradigma sostenible y

eficiente para la revalorización de residuos textiles complejos, contribuyendo directamente a los objetivos de descarbonización y de economía circular en el sector industrial.

## Referencias

- [1]. REMÓN, J.; VAL-PLANELL, E.; MATHARU, A. S.; GARCÍA, L. y ARAUZO, J. *An innovative 'sorption-egg-hanced' reforming approach to producing highly pure green hydrogen from biomass-derived aqueous effluents*. Chemical Engineering Journal. 2025, vol. 515. DOI 10.1016/j.cej.2025.163524.
- [2]. REMÓN, J.; ARCELUS-ARRILLAGA, P.; GARCÍA, L. y ARAUZO, J. *Production of gaseous and liquid bio-fuels from the upgrading of lignocellulosic bio-oil in sub- and supercritical water: Effect of operating conditions on the process*. Energy Conversion and Management. 2016, vol. 119, pp. 14-36. DOI 10.1016/j.enconman.2016.04.010.

## Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Gobierno de Aragón (Proyectos de Líneas Prioritarias y Multidisciplinares PROY\_T17\_24 y Grupo de Investigación de Referencia T22\_23R) por el apoyo proporcionado. Javier Remón agradece al Ministerio de Ciencia e Innovación / Agencia Estatal de Investigación /10.13039/501100011033 y a la Unión Europea «NextGenerationEU»/PRTR por la concesión de la ayuda Ramón y Cajal (RYC2021-033368-I).