

Biocombustibles líquidos mediante co-valorización hidrotermal de floraciones algales nocivas y residuos plásticos industriales

Juan Navarro-Machín, Javier Remón, Jesús Arauzo, Ángela Millera, María Benita Murillo

Afiliación: Grupo de Procesos Termoquímicos (GPT)
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.
Tel. +34-976762707, e-mail: juan.navarro@unizar.es

Resumen

Este trabajo explora la producción de biocombustibles líquidos de alta densidad energética mediante co-tratamiento hidrotermal de floraciones algales nocivas y residuos plásticos industriales. Se ha analizado tanto su valoración individual, como todas sus posibles combinaciones binarias. Dicha evaluación se ha realizado bajo condiciones de temperatura y tiempo variables, utilizando diferentes medios de reacción: agua desionizada, agua de mar, y sus mezclas binarias.

Introducción y objetivos

La dependencia de los países de la Unión Europea de los proveedores externos de combustibles fósiles, en unión a los objetivos pactados en la Agenda 2030, ha provocado que la búsqueda de fuentes de obtención de energía alternativas, competitivas y limpias, se haya convertido en un asunto de máxima prioridad en los últimos años. Una de las posibles líneas de investigación es la obtención de biocombustibles líquidos mediante tratamiento hidrotermal (temperatura = 150-370 °C y presión = 50-170 bar, utilizando agua subcrítica como medio de reacción) de mezclas de residuos. La co-valorización sinérgica permite la transformación de un amplio espectro de residuos en un líquido orgánico (biocrudo) con propiedades adecuadas para utilizarse como biocombustible, aprovechando efectos sinérgicos [1].

En este contexto, dos residuos con potencial sinérgico son las microalgas y los plásticos. Mientras que las microalgas presentan un mayor contenido en oxígeno, lo que les otorga una menor densidad energética, tienen mayor tendencia a formar biocrudo cuando son sometidas a procesos hidrotermales. De forma opuesta, los plásticos tienen un alto contenido en carbono e hidrógeno y son menos reactivos. Sin embargo, en condiciones hidrotermales, a pesar de su menor tendencia a formar biocrudo, su elevada densidad energética (≈ 45 MJ/kg), permite la obtención de un biocrudo con alto poder calorífico. De esta forma, co-valorizar ambos residuos puede

resultar beneficioso para obtener un biocrudo con alta densidad energética, aprovechando sinergias entre ambos. Además, para el desarrollo sostenible de estos procesos es primordial buscar medios de reacción respetuosos con el medio ambiente. En este sentido, el agua de mar, con grandes cantidades de sales disueltas con actividad catalítica en la descomposición de polímeros [1], es un medio de reacción muy prometedor para utilizarse en procesos hidrotermales. Teniendo en cuenta todo lo descrito anteriormente, el objetivo global de este trabajo es la producción de biocrudo de alta densidad energética mediante co-tratamiento hidrotermal de la microalga *Chlorella Vulgaris* (como especie representativa de floraciones algales nocivas) y residuos plásticos industriales, explorando el uso de agua de mar como medio de reacción, y utilizando diferentes condiciones experimentales (temperatura y tiempo).

Método experimental

Los experimentos se han planeado siguiendo un diseño de experimentos BoxWillson (2^4) con 4 réplicas. Las variables que se han analizado son: *i.*) *composición de la alimentación* (Plásticos/Plásticos + Algas = 0-100 % m/m), *ii.*) *medio de reacción* (Agua de mar/Agua de mar + Agua desionizada = 0-100 % m/m), *iii.*) *temperatura* (240-360 °C) y *iv.*) *tiempo de reacción* (20-180 min). Se utilizó una relación sólido/agua de un 15 % m/m. Los resultados experimentales se analizaron mediante un análisis estadístico de la varianza (ANOVA p-valor = 0,05).

Resultados

Las Figura 1 muestra el rendimiento a biocrudo en función de la alimentación (mezcla plásticos/algas) utilizando tanto agua desionizada como agua de mar, para diferentes condiciones experimentales: Figura 1 a y b: tiempo = 20 min, temperatura = 240 y 360 °C, respectivamente; Figura 1 c y d: tiempo = 180 min, temperatura = 240 y 360 °C, respectivamente. En la Figura 2 se muestran estos efectos para el Poder Calorífico Superior (PCS) del biocrudo obtenido.

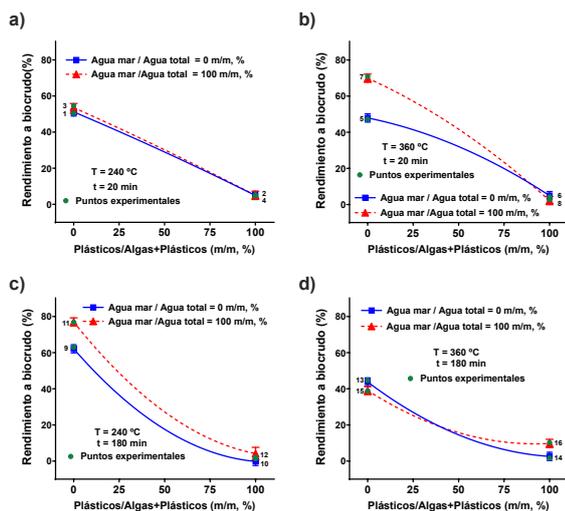


Figura 1. Efecto de las variables de operación sobre el rendimiento a biocrudo.

Los mayores rendimientos a biocrudo se obtienen para alimentaciones compuestas en su totalidad por microalgas, con independencia del resto de variables de estudio. Un incremento en la cantidad de plásticos en la alimentación disminuye el rendimiento a biocrudo, debido a la mayor reactividad de las algas en comparación con la de los plásticos. El efecto del medio de reacción depende principalmente de la alimentación, observándose un aumento en el rendimiento a biocrudo al aumentar la proporción de agua de mar para alimentaciones con una gran proporción de microalga. Estas variaciones dependen de las condiciones operacionales, siendo particularmente notorias cuando se utilizan temperaturas elevadas (360 °C) junto con tiempos de reacción cortos (20 min), o temperaturas bajas (240 °C) combinadas con tiempos de reacción largos (180 min). Estos resultados parecen indicar que el efecto cinético positivo del uso del agua de mar en el proceso no resulta enmascarado cuando se utilizan condiciones de reacción que no favorecen la cinética del proceso (temperaturas bajas y/o tiempos de reacción cortos). El PCS del biocrudo (Figura 2) depende de la composición de la alimentación y del medio de reacción. La influencia de la alimentación es particularmente notoria cuando se utilizan temperaturas bajas (240 °C, Figuras 2 a y c). Para estas temperaturas, cuando se utilizan tiempos cortos (20 min), el PCS del biocrudo disminuye a medida que aumenta la cantidad relativa de plásticos en presencia de agua de mar como medio de reacción.

Por el contrario, cuando se utilizan tiempos de reacción largos (180 min), un incremento en la proporción de plásticos aumenta el PCS del biocrudo, con independencia del medio de reacción. A altas

temperaturas (360 °C, Figuras 2 b y d), un incremento en la cantidad relativa de plásticos aumenta el PCS del biocrudo utilizando tiempos de ración cortos (20 min) y agua de mar, o tiempos de reacción largos (180 min), pero usando agua desionizada.

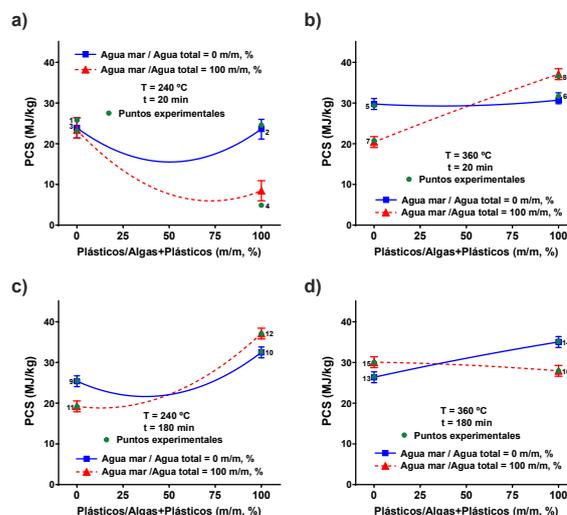


Figura 2. Efecto de las variables de operación sobre el poder calorífico superior del biocrudo.

Por último, se ha realizado una optimización numérica con los modelos desarrollados mediante el análisis ANOVA para maximizar el rendimiento a biocrudo y su PCS. Los resultados mostraron que el mayor rendimiento a biocrudo (55%) de alta densidad energética (PCS = 29 MJ/kg) se obtiene durante la valorización de la microalga usando un 33 % m/m de agua de mar en el medio de reacción a 360 °C y 20 min. Sin embargo, el uso de agua desionizada en estas mismas condiciones, permite introducir hasta un 30 % m/m de plásticos en la alimentación, mejorando ligeramente el PCS del biocrudo (30 MJ/kg), sin disminuir sustancialmente el rendimiento a biocrudo (40 %).

Conclusiones

Los resultados del estudio demuestran que la covalorización de floraciones algales nocivas y residuos plásticos permite obtener un biocrudo de alto poder calorífico. Además, el agua de mar ha mostrado efectos catalíticos positivos, postulándose como un medio de reacción sostenible y autocatalítico prometedor en procesos hidrotermales.

REFERENCIAS

- [1] Remón, J., Zapata, G., Oriol, L., Pinilla, J. L., & Suelves, I. (2022, December). A novel 'sea-thermal', synergistic co-valorisation approach for biofuels production from unavoidable food waste (almond hulls) and plastic residues (disposable face masks). *Chemical Engineering Journal*. Elsevier BV. <http://doi.org/10.1016/j.cej.2022.137810>

