

Despolimerización de residuos de poliestireno por pirólisis: desarrollo del proceso hacia una economía circular

D. Royuela, A. Veses, J. D. Martínez, J. M. López, M.S. Callén, T. García, R. Murillo

Instituto de Carboquímica (ICB-CSIC), C/ Miguel Luesma Castán, 50018 Zaragoza, España

droyuela@icb.csic.es

Palabras clave: economía circular, pirólisis, poliestireno, estireno.

Introducción

El incremento anual de la producción mundial de plásticos conlleva una generación ingente de residuos. Debido a ello, surge la necesidad de encontrar soluciones sostenibles enmarcadas en modelos de economía circular, donde el reciclaje químico resulta crucial para llevar a cabo dicha transición. En este sentido, la pirólisis, un proceso de degradación térmica en atmósfera libre de oxígeno, permite recuperar diferentes compuestos precursores de combustibles o materias primas. Particularmente, este proceso permite obtener altos rendimientos del monómero original para el caso del poliestireno (PS), aunque todavía es necesario realizar una caracterización más profunda de los productos y optimizar el proceso tanto de pirólisis como de repolimerización para conseguir un polímero de una calidad comparable al original. Este estudio tiene por objeto la obtención de una fracción líquida rica en estireno (pyro-oil) con potencial para ser utilizada como materia prima en la producción de nuevos polímeros.

Experimental

En este trabajo, se han llevado a cabo experimentos preliminares de pirólisis de residuos de PS procedente de la industria alimentarias en un reactor de lecho fijo a escala de laboratorio (TRL-3, 10g de muestra) a 600 °C con el fin de determinar el potencial de la pirólisis catalítica. Para ello, se seleccionaron catalizadores como la olivina, ilmenita, CaO y dolomita, los cuales permitieron obtener un mayor rendimiento y selectividad a estireno. Posteriormente, con el objetivo de obtener una mayor información sobre el proceso se ha llevado a cabo el estudio de la pirólisis de PS en una planta Auger o de tornillo sin fin (TRL-5) con capacidad hasta 15 kg/h. En estos experimentos se investigó el efecto de diferentes parámetros como la temperatura (500-550-600 °C) y el flujo de alimentación (6-9 kg/h), relacionado directamente con una de las variables clave en el proceso de pirólisis como el tiempo de residencia de los volátiles. Así, una vez fijadas las condiciones de operación óptimas, se llevará a cabo el estudio catalítico utilizando dicha tecnología y a escala piloto.

Así mismo, cabe destacar que de forma previa a la experimentación se caracterizó la materia prima por medio de un análisis elemental, análisis inmediato, análisis del poder calorífico y composición de las cenizas. Así como también se caracterizaron los productos obtenidos tras la pirólisis. Por un lado, la composición de la fracción gaseosa se analizó mediante cromatografía de gases (GC), mientras que la caracterización del pyro-oil se realizó mediante cromatografía de gases (GC), cromatografía de gases-masas libre de estireno (GC/MS) y contenido en metales.

Resultado y discusión

La caracterización del PS muestra una composición rica en carbono, formada principalmente por materia volátil. Por ello, esta materia presenta gran potencial para ser sometida a un proceso de reciclado químico como la pirólisis. Así, la pirólisis catalítica de PS en el lecho fijo ha demostrado su potencial para producir un pyro-oil rico en estireno con capacidad para ser utilizado directamente como materia prima en un proceso de repolimerización. Dichos experimentos catalíticos han reportado rendimientos a pyro-oil superiores al 89 % en peso, siendo el estireno el componente mayoritario con valores de hasta un 74,5 % en peso para el caso de la olivina, valores superiores a los obtenidos sin catalizador (65.2 % en peso). Así mismo, cabe destacar que otros compuestos mayoritarios como el dímero, el trímero y otros componentes aromáticos que podrían llegar a dificultar su aplicación directa para la formación del polímero [1], se han visto reducidos. Por el momento, si bien ha sido posible obtener de nuevo el polímero a partir del pyro-oil resultante rico en estireno, la calidad del mismo no es comparable con la del polímero original al presentar menor peso molecular.

Por otro lado, los rendimientos a pyro-oil obtenidos en el reactor Auger fueron superiores al 92 % en peso en todos los casos. A la vista de los resultados, los líquidos pirolíticos presentaron rendimientos a estireno mayores al 69 % en peso, obteniéndose mejores valores a temperaturas moderadas. Cabe destacar el potencial de esta tecnología, donde el pyro-oil presenta rendimientos superiores a los presentes en la literatura [2,3]. Si bien estos resultados son prometedores, de acuerdo con los resultados catalíticos previos, se prevé incrementar dichos rendimientos con la adición de catalizadores.

Tabla 1. Composición del pyro-oil a partir de la pirólisis catalítica de PS en lecho fijo

	Arena	Ilmenita	Olivina	CaO	Dolomita
Estireno (% en peso)	65,2	70,6	74,5	71,4	68,1

Tabla 2. Composición del pyro-oil a partir de la pirólisis térmica de PS en el reactor Auger

Alimentación	6 kg/h		9 kg/h		
Temperatura (°C)	500	550	600	550	600
Estireno (% en peso)	72,7	74,9	69,2	75,4	71,4

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran el potencial de la pirólisis de PS para producir un pyro-oil rico en estireno con el que producir nuevos polímeros. Así mismo, la pirólisis catalítica se presenta como una tecnología viable y capaz tanto de incrementar la selectividad a estireno como de reducir el contenido de ciertos metales presentes en el pyro-oil. Además, la tecnología Auger ha demostrado ser una tecnología robusta y potencial para llevar a cabo con éxito el proceso a escala piloto.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Gobierno de Aragón (DGA) por el apoyo prestado en el marco del programa de apoyo a grupos de investigación, al CSIC por la plataforma temática interdisciplinar SUSPLAST, al Ministerio de Ciencia e Innovación Español, a la Agencia de Investigación del Estado y a la Unión Europea por la financiación (PLEC2021-007793).

Referencias

- [1] Achilias DS, Kanellopoulou I, Megalokonomos P, Antonakou E, Lappas AA. *Macromol Mater Eng.* 2007; 292:923–34.
- [2] Artetxe M, Lopez G, Amutio M, Barbarias I, Arregi A, Aguado R, et al. *Waste Manag.* 2015; 45:126–33.
- [3] Baena-González J, Santamaria-Echart A, Aguirre JL, González S. *Waste Manag.* 2020; 118:139–49.