

Estrategias de descontaminación de polietileno de baja densidad reciclado (rLDPE) para su uso en contacto alimentario

Estela Pérez Bondía, Mario Duarte, Margarita Aznar and Cristina Nerín

Grupo Universitario de Investigación Analítica (GUIA). Departamento de Química Analítica
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.
Tel. +34-976762707, e-mail: estela.perez@unizar.es

Resumen

En este trabajo se llevó a cabo la evaluación de nuevos enfoques de descontaminación de polietileno de baja densidad postconsumo para su posible implementación como envase alimentario. Para ello se identificó su composición en volátiles antes y después del tratamiento de descontaminación.

Introducción

El uso de envases alimentarios de plástico está ampliamente extendido debido a las numerosas propiedades que ofrecen. Por ello, cobra gran importancia la búsqueda de nuevas metodologías de reciclaje que permitan ampliar su ciclo de vida, así como garantizar la seguridad alimentaria. En la actualidad, los envases fabricados a partir de poliolefinas representan el 70% del mercado [1]. Sin embargo, una vez se reciclan, ya no se destinan a envases para contacto alimentario, debido a que los procesos actuales de descontaminación no bastan para garantizar su limpieza y seguridad. Por ello, en este trabajo se estudiaron diferentes tratamientos de descontaminación de polietileno de baja densidad reciclado (rLDPE) con el fin de obtener una mayor limpieza del material. A continuación, se comparó el perfil de composición en volátiles del material antes y después del tratamiento óptimo, mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas y microextracción en fase sólida en espacio de cabeza (HS-SPME-GC-MS).

Materiales y métodos

Para el análisis, se mezclaron homogéneamente tres lotes de pellets de rLDPE. Una parte de las muestras fue sometida a un tratamiento de molienda en un molino RETSCH de centrifugación Ultra ZM 200.

Optimización del proceso de descontaminación

Para el proceso de descontaminación se utilizó una estufa de vacío Vaciotem TV 4001490 de P. Selecta. Se realizó el tratamiento a 70°C y 90 °C de

temperatura bajo condiciones de vacío (presión de 10 mBar) a diferentes tiempos (1, 3 y 5 horas) tanto sobre los pellets sin moler como molidos.

Análisis de volátiles y semivolátiles en rLDPE mediante HS-SPME-GC-MS

Para la extracción mediante HS-SPME se utilizó una fibra DVD/CAR/PDMS. Se pesaron 2.9 g pellets de rLDPE en viales de 20 mL y se analizaron mediante HS-SPME-GC-MS utilizando las siguientes condiciones de análisis: temperatura y tiempo de extracción 80 °C y 40 minutos, respectivamente, temperatura de desorción 250 °C durante 2 minutos en modo splitless. Para el análisis, se utilizó un cromatógrafo 7820A acoplado a un espectrómetro de masas 5977C MSD de Agilent (Santa Clara, CA, USA). La columna fue una HP-5MS Ultra Inert (30 m x 25 mm x 0.25 µm) de Agilent. La rampa de temperaturas del horno fue la siguiente: inicialmente 50 °C durante 3 minutos, 10 °C min⁻¹ hasta 150 °C, después 5 °C min⁻¹ hasta 200 °C y finalmente se mantuvo a 300 °C durante dos minutos. El análisis se realizó en modo SCAN desde 45 hasta 450 m/z.

Resultados y discusión

Se identificaron un total de 73 compuestos en las muestras de rLDPE. Destacó la presencia de compuestos como el tetradecano, hexadecano y octadecano por su alta intensidad. Estos oligómeros provienen tanto de la fabricación de las poliolefinas como de la degradación durante los procesos de reciclado. Destacó también la presencia de 1-dodecanol, utilizado como plastificante, 2,4-di-terc-butyl-fenol, procedente de la degradación del Irgafos 168, un antioxidante ampliamente extendido; y el cinamaldehído, un saborizante muy utilizado en la industria alimentaria [2]. El análisis de las muestras de rLDPE tras ser molidas mostró un perfil semejante al de las muestras sin moler, con el fin de comprobar si al aumentar la superficie específica por medio de la molienda se detectaba algún compuesto adicional. Sin embargo, los compuestos identificados fueron los

mismos que en la muestra sin moler, y de intensidad semejante.

Una vez conocido el perfil de volátiles de las muestras, se estudió el efecto del proceso de descontaminación en las mismas. Los resultados obtenidos a 90°C mostraron en general mayores reducciones en el tamaño de los picos detectados que los resultados a 70°C. Para reducir la dimensionalidad de los datos y verificar si se daba alguna agrupación estadística de las muestras, se llevó a cabo un Análisis de Componentes Principales (PCA) con las áreas de los 73 compuestos identificados en ambas muestras a los diferentes tiempos de descontaminación. Como se observa en la Figura 1, las muestras se agruparon conforme a su tiempo de tratamiento, tanto en pellets molidos como sin moler. Los datos de los primeros mostraron mayor variabilidad al estar más dispersos dentro de su grupo, mientras que en los pellets sin moler la dispersión fue menor mostrando una mayor reproducibilidad en el proceso. A continuación, se calculó el área relativa (A_r) de los picos a los diferentes tiempos de tratamiento (t_x) tomando como referencia el área inicial a t_0 en la muestra de rLDPE no tratada. Se utilizó la siguiente ecuación: $A_r(t_x) = 100 \times A(t_x) / A(t_0)$. Para llevar a cabo la representación gráfica se seleccionaron 18 picos a lo largo del cromatograma con intensidades variadas (Figura 2). En el caso de los pellets sin moler, se observó una disminución generalizada del área de los picos (y por tanto de la concentración) conforme aumentó el tiempo de tratamiento, salvo alguna excepción. La disminución fue más rápida en los primeros picos, que correspondían a los más volátiles, alcanzando porcentajes de disminución mayores del 90%, y se alcanzaron valores mínimos

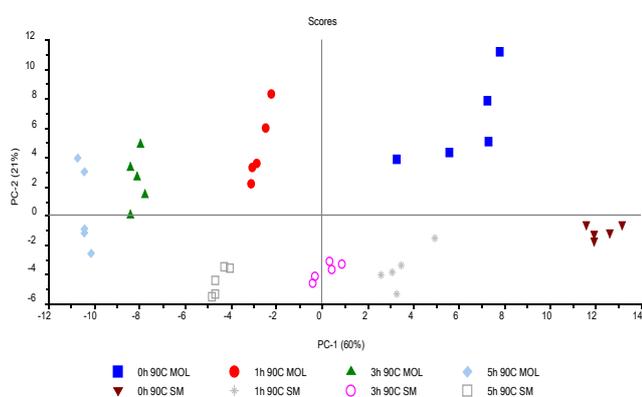


Figura 1. Gráfico del Análisis de Componentes Principales para pellets molidos (MOL) y sin moler (SM) a diferentes tiempos de tratamiento a 90 °C en condiciones de vacío.

de área tras 5 horas. En el caso de las muestras molidas, los resultados fueron similares, si bien para compuestos con menor volatilidad se observaron ligeras mejoras en la disminución de área, concluyendo que el tamaño de los pellets influía en la efectividad del tratamiento.

Conclusiones

Se identificaron un total de 73 compuestos en muestras de rLDPE. Tras optimizar las condiciones de descontaminación sobre muestras molidas y sin moler, se observó que tanto el tamaño de muestra como el tiempo de tratamiento influían en la eficiencia de la descontaminación, ya que tras moler y aumentar la superficie específica de la muestra el tratamiento fue ligeramente más efectivo. Se encontraron resultados prometedores tras descontaminar los pellets de rLDPE a 90 °C en condiciones de vacío durante 5 horas, obteniéndose una disminución generalizada del área de los compuestos, hasta valores del 95%.

REFERENCIAS

- [1] Polyolefin Circular Economy Platform, (n.d.). <https://pcep.eu/circular-polyolefins> (accessed October 18, 2023).
- [2] Q.-Z. Su, P. Vera, C. Nerín, Q.-B. Lin, H.-N. Zhong, Safety concerns of recycling postconsumer polyolefins for food contact uses: Regarding (semi-)volatile migrants untargetedly screened, Resources, Conservation and Recycling 167 (2021) 105365. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105365>

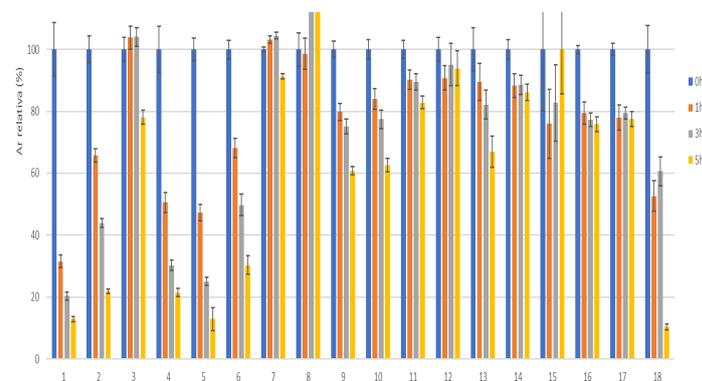


Figura 2. Representación gráfica de la disminución de las áreas de 18 compuestos en pellets sin moler durante los tiempos de tratamiento 1, 3 y 5 horas respecto del área inicial.