

Reciclado químico de residuos PET con disolvente presurizado

Breve descripción

El tereftalato de polietileno (PET) es un polímero formado por ácido tereftálico y etilenglicol. Es uno de los poliésteres más comúnmente utilizados en la fabricación de botellas de plástico para bebidas, envases y textiles. El ciclo de vida de los productos de PET es, en general, corto, lo que conduce a una rápida generación de residuos que, si no se eliminan adecuadamente, pueden acumularse en el medio ambiente y generar graves problemas ambientales como la acumulación de macro y microplásticos en los ecosistemas marinos.

Las tecnologías desarrolladas para el proceso de reciclado químico utilizan un disolvente prótico (agua, metanol, etilenglicol, amoníaco o amina) pero, normalmente, esta solvólisis requiere altas temperaturas para obtener un rendimiento óptimo. Se han probado alternativas para salvar este inconveniente como utilizar catalizadores o altas concentraciones de ácidos o bases fuertes.

Se propone la llevar a cabo la solvólisis de PET bajo presión de un gas inerte, sin utilizar catalizador ni ácidos o bases fuertes.



Figura 1. Residuos de PET post-consumo.

¿Cómo funciona?

En el procedimiento de solvólisis desarrollado, el PET procede de botellas post-consumo de plástico transparente. Una vez lavadas y secadas, se cortan en fragmentos y se introducen junto con un disolvente prótico en un reactor a presión dotado de un sistema de agitación, donde se añade también un gas inerte y se calienta la mezcla. Una vez finalizada la reacción, el reactor se enfría hasta temperatura ambiente y se recupera un sólido cristalino.

La reacción se lleva a cabo utilizando una proporción Metanol/PET que varía entre 24:1 y 3,6:1, se añade N₂ hasta una presión de 50-60 bar y se calienta a temperaturas moderadas (140 – 160 °C). La conversión de PET es del 100% obteniéndose un rendimiento próximo al 90% de cristales de dimetil tereftalato (DMT) de gran pureza. Empleando agua como disolvente se llega también a una conversión del 100% y se alcanza un rendimiento próximo al 60% en ácido tereftálico. Por comparación, cuando el proceso se lleva a cabo bajo presión de CO₂ el rendimiento en las mismas condiciones es menor. Este procedimiento se ha aplicado también a botellas coloreadas con resultados igualmente satisfactorios. Los cristales de DMT obtenidos mantienen la misma apariencia que cuando se parte de plástico es transparente. Únicamente la disolución sobrenadante resultó ligeramente coloreada.



Figura 2. Escamas de PET verde de una botella de plástico coloreada y DMT blanco después de la despolimerización



¿Qué problema resuelve?

El reciclado físico (triturado, fundido y/o extrusión) requiere un material de partida suficientemente homogéneo, de alta pureza y con unas características determinadas. Una fracción importante de residuos, por tanto, no pueden ser reciclados por este método. Además, la calidad de los materiales reciclados disminuye en cada ciclo. El reciclado químico, por el contrario, permite recuperar los monómeros constituyentes para volver a ser polimerizados creando así un ciclo infinito de reciclaje a la vez que obtiene producto de la misma calidad que el original.

La tecnología desarrollada permite aumentar la efectividad de la reacción de despolimerización reduciendo la temperatura de operación haciéndola más rentable y mejorando la competitividad del proceso, al mismo tiempo que disminuyen los requerimientos del residuo de partida. Además, la etapa de purificación se podría simplificar.

¿Qué productos futuros resultarán?

Es esperable que se pueda producir dimetil tereftalato (DMT) de gran pureza a partir de residuos de PET de difícil reciclado. Dado que se utilizan temperaturas más bajas que otras técnicas de metanólisis, se minimiza la generación de subproductos y el DMT obtenido tendrá una mayor pureza a un coste mucho menor. Por otra parte, existe la posibilidad de recuperar el etilenglicol, que quedaría disuelto en la disolución sobrenadante.

Es muy posible que, tras desarrollar la tecnología, se pueda producir ácido tereftálico a través de la hidrólisis de residuos de PET. Presumiblemente con rendimiento y pureza altos. Esta tecnología también se puede aplicar a otros polímeros de condensación como poliuretanos, para recuperar los diisocianatos (probablemente en forma de dicarbamatos).

Ventajas competitivas frente a otras investigaciones

El método de reciclado desarrollado ofrece una ventaja evidente respecto a otras tecnologías previas. No requiere ácidos, ni bases, ni catalizador por lo que es más sencillo y económico evitando etapas de recuperación o regeneración del catalizador. Las temperaturas de operación son relativamente bajas (140-180°C) y el rendimiento a monómero es muy superior al obtenido siguiendo otros procedimientos.

El uso de gases inertes tiene ventajas adicionales frente al uso del CO₂. Por ejemplo, el nitrógeno tiene menor coste, es más respetuoso con el medioambiente al no provocar efecto invernadero y permite alcanzar presiones más elevadas que con el CO₂, pues bajo ciertas condiciones, el CO₂ y el metanol se hacen completamente miscibles.

Además, el nuevo proceso se ha desarrollado empelando directamente residuo PET (no PET comercial), lo cual garantiza que el producto de partida es exactamente el que se emplearía en una aplicación industrial. El proceso estará protegido por una patente que hemos solicitado a través de la oficina de transferencia de nuestra universidad (OTC) y que por el momento está en proceso de evaluación.

¿Dónde se ha desarrollado?

La técnica ha sido desarrollada por el grupo de investigación Procesos de Separación y Preparación de Materiales en Química Sostenible Utilizando Fluidos Supercríticos de la Facultad de Ciencias Químicas que trabaja en la preparación de materiales utilizando fluidos supercríticos como alternativa a los disolventes comunes más contaminantes y está compuesto por un equipo altamente multidisciplinar.

El grupo de investigación tiene experiencia en la ejecución de proyectos de investigación financiados por organismos públicos tanto nacionales como europeos, por fundaciones o empresas privadas. Además, participa en el grupo especializado de Química Verde (GQV) de la Real Sociedad Española de Química, pertenece a la Asociación Española de Químicos e Ingenieros Químicos (ANQUE), a la Asociación Española de Fluidos Comprimidos (FLUCOMP), y a la Sociedad Internacional para el Avance de los Fluidos Supercríticos (ISASF).

Y además...

El proceso puede aplicarse a casos concretos de despolimerización de mezclas o compuestos de PET y otros polímeros, como envases multicapa o textiles formados por fibras PET y otros polímeros. Se abre la posibilidad de una separación por despolimerización selectiva, por ejemplo, si se introduce la rosca de una botella de PET con el anillo de seguridad de PE, tras el tratamiento solo se despolimeriza el PET, quedando el anillo convertido en una bola de PE.

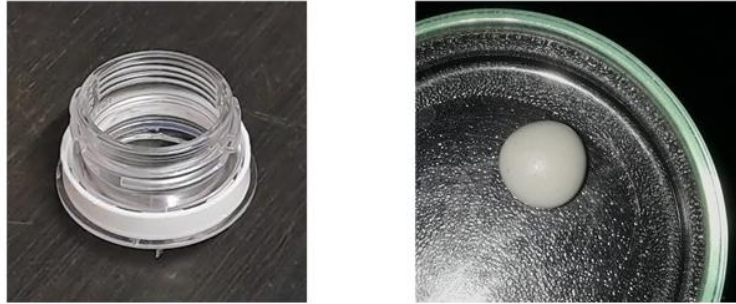


Figura 3. Rosca de botella de PET incoloro con anillo de seguridad de PE (polietileno) y anillo convertido en una perla de PE.

Se ofrece iniciar colaboraciones con empresas y/u otros grupos de investigación con el objetivo de utilizar esta técnica en aquellos casos en los que las técnicas convencionales no produzcan resultados satisfactorios, con el fin de obtener productos de alto valor añadido. El grupo dispone de reactores y equipos de alta presión para llevar a cabo experimentos de solvolisis a escala de laboratorio, así como de equipos de caracterización de los materiales producidos.

Responsable de la investigación

Eduardo Pérez Velilla, eperezv@ucm.es y **Albertina Cabañas Poveda**, a.cabanas@ucm.es

Departamento: **Química Física**

Facultad: **Química**