

Plásticos biodegradables producidos por microorganismos

Por Guadalupe Martínez y Verónica Saravia*

Algunos microorganismos son capaces de producir intracelularmente polímeros que, luego de extraídos y purificados, presentan propiedades plásticas. Ésta capacidad puede ser aprovechada en un bioproceso industrial para convertir recursos renovables de bajo costo (como residuos agroindustriales) en un plástico 100% biodegradable, con variadas aplicaciones.

Los plásticos son parte de la vida diaria de toda la población. Se encuentran en el empaque de alimentos, utensilios de oficina y hogar, envases, electrodomésticos, computadoras, entre muchos ejemplos. La gran variedad de aplicaciones y un bajo precio, son dos de las razones que explican su creciente consumo.

En su mayoría son de origen petroquímico y debido a la estabilidad de su estructura química, requieren cientos de años para degradarse, lo que lleva a la paulatina acumulación de los mismos en el medio ambiente. Esto haría pensar en la necesidad de restringir su uso, o la producción de plásticos con un menor impacto ambiental.

Atendiendo esta preocupación, distintos centros de investigación y compañías vienen trabajando en la idea de obtener productos que se degraden más rápido. Algunos de los productos desarrollados hasta ahora contienen aditivos químicos que disminuyen los tiempos de degradación. Estos se usan, por ejemplo, en muchas de las bolsas de supermercado que ya se encuentran en el mercado uruguayo.

De continuarse en esta línea se solucionaría el mayor problema de los plásticos, sin embargo, no hay que olvidar que los plásticos de origen petroquímico necesitan del petróleo, un recurso natural no renovable. Una menor disponibilidad de petróleo en el futuro podría llegar a limitar la producción de plásticos, con un seguro impacto en su precio. Por ese motivo, un desafío adicional es su producción a partir de materias primas renovables.

Plásticos microbianos

Los polihidroxialcanoatos (PHA) son un grupo de poliésteres producidos por un gran número de bacterias, que lo acumulan en gránulos intracelulares como reserva de carbono y energía. El primer PHA descubierto en *Bacillus megaterium* por Maurice Lemoigne, en el Instituto Pasteur de Francia en 1926, fue el poli-3-hidroxibutirato (PHB). Tuvo que pasar casi medio siglo para que, durante la crisis del petróleo de 1973, al surgir la necesidad de buscar una fuente alternativa para producir los

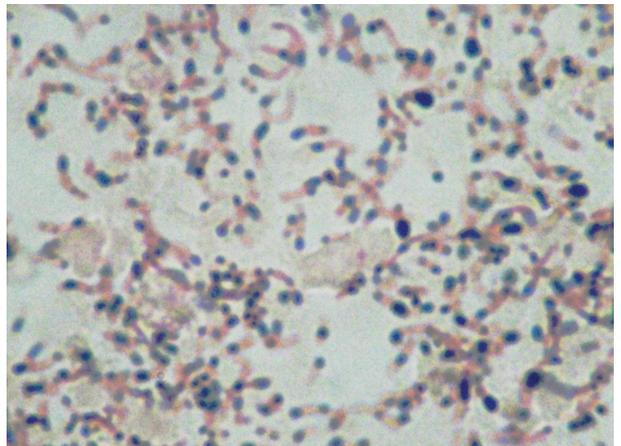


Imagen en microscopio óptico de *Methylobacterium extorquen*, donde se observan en rosado la pared celular y en oscuro las inclusiones de PHB

plásticos, proliferaran los estudios en torno a esta opción.

La obtención para uso humano de este tipo de plásticos se puede dividir en tres etapas: producción, extracción y formulación. En la primera etapa se realiza la producción propiamente dicha en un biorreactor, es decir un recipiente diseñado para que en su interior se lleve a cabo un proceso biológico (bioproceso) en forma controlada. El biorreactor se carga con una solución de nutrientes (fuente de C, N y otros oligoelementos), y con los microorganismos de interés, operándolo durante el tiempo necesario para que los microorganismos se multipliquen y acumulen el PHA. La segunda etapa consiste en recolectar las células, romper la pared celular para liberar el polímero de su interior y la purificación del mismo, a través de procesos físicos, químicos y/o enzimáticos. Finalmente, en una tercera etapa, dependiendo de la aplicación del polímero, se pueden ajustar las propiedades mediante el agregado de compuestos químicos o mezclando con otros polímeros, formulando distintos productos.

Actualmente, una de las principales desventajas de los

PHA, es su alto precio en comparación con los plásticos derivados del petróleo. Por este motivo, con el fin de reducir los costos de producción se han desarrollado estrategias que involucran el uso de cepas microbianas genéticamente modificadas y bioprocesos más eficientes que utilicen fuentes de carbono de bajo costo como nutriente. Dentro de los que se han probado, y que cumplen además con el requisito de ser recursos renovables, se encuentran: la melaza de caña, el suero de queso, hemicelulosa hidrolizada de residuos de la molienda de caña, cáscara de arroz o restos forestales, o glicerol crudo (subproducto de biodiesel), entre otros.



De izquierda a derecha: Karen Malan (IIBCE), Verónica Saravia y Guadalupe Martínez, frente al biorreactor en la fase de producción de PHB

Aplicaciones

Las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los PHA dependen del tipo de microorganismo y nutrientes utilizados, así como de los métodos de extracción y purificación empleados. Son aptos para numerosas aplicaciones industriales como ser en productos para la agricultura, productos higiénicos descartables, envases de cosméticos. Además, como son resistentes al agua y a la radiación ultravioleta, y presentan baja permeabilidad al oxígeno y humedad, son también apropiados para empaquetado de alimentos. Por ser biodegradables son además de sumo interés en el campo de los sistemas de liberación controlada, por lo que han sido investigados como transportadores para la dosificación a largo plazo de insecticidas y herbicidas, e incluso, al ser biocompatibles, como sistema de liberación de drogas y hasta en soportes tisulares para facilitar la regeneración celular.

En particular, el PHB es un material blanco, cristalino,



Polímero obtenido a partir de suero de leche con *Ralstonia eutropha* DSM 545, luego de las etapas de extracción y purificación

quebradizo, se comporta como un material termoplástico convencional y sus propiedades mecánicas son similares a la del polipropileno. Dada la estrecha ventana de aplicaciones que se tendría si se considera el uso del polímero puro, se han propuesto el agregado de plastificantes, así como mezclas con otros polímeros, para la formulación de varios productos.

En Uruguay

En el Departamento de Bioingeniería de la Universidad de la República se investiga la producción de polihidroxialcanoatos desde hace ya varios años. Esto ha sido posible por la financiación obtenida a través de un proyecto PDT (Programa de Desarrollo Tecnológico) y dos proyectos ANII (Agencia Nacional de Investigación e Innovación) del Fondo María Viñas modalidad III, y por la colaboración con grupos de investigación del IIBCE (Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable), además del trabajo desarrollado por estudiantes de pasantías y tesinas.

En este tiempo se ha estudiado a nivel de laboratorio la producción de PHB de diferentes microorganismos, utilizando medios de cultivo en base a residuos agroindustriales como el suero de leche y glicerol. Se han utilizado microorganismos provenientes de colecciones internacionales, así como propios. El objetivo es continuar investigando en la utilización de nutrientes de bajo costo disponibles en el medio y diferentes microorganismos con el fin de obtener otros polihidroxialcanoatos, así como incursionar en el desarrollo de productos, en colaboración con otras instituciones o empresas, que presenten interés

* La Ing. Quím. Guadalupe Martínez y la Dra. Ing. Quím. Verónica Saravia son investigadoras del Departamento de Bioingeniería del Instituto de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.
Contacto: vsaravia@fing.edu.uy