

SEBBM DIVULGACIÓN

ACÉRCATE A NUESTROS CIENTÍFICOS

Los bioplásticos, ¿qué son? ¿cuántos hay? ¿cómo se producen?

DOI: http://dx.doi.org/10.18567/sebbmdiv_ANC.2020.08.1

Auxiliadora Prieto

Centro de Investigaciones Biológicas-Margarita Salas (CIB-CSIC)



Biografía

Auxiliadora Prieto es doctora en Farmacia (1996) y profesora de investigación del CSIC en el Centro de Investigaciones Biológicas-Margarita Salas (CIB). Becada por EMBO hizo estancias en laboratorios pioneros en Biotecnología como el grupo del Profesor Timmis en Alemania y el del Profesor Witholt del Instituto Federal Suizo de Tecnología (ETH, Zúrich), donde se especializó en el área de bioplásticos y sus aplicaciones industriales. Desde 2005 dirige el grupo de Biotecnología de Polímeros en el CIB centrado en el estudio del metabolismo microbiano y la caracterización molecular de las rutas relacionadas con la biosíntesis y biodegradación de plásticos de base biológica. Ha coordinado y/o participado como investigadora principal en 14 proyectos nacionales y 9 proyectos europeos. Además, es autora de más de 80 publicaciones e inventora de varias patentes relacionadas con la producción de bioplásticos. Actualmente es coordinadora de la Plataforma Interdisciplinar de Plásticos Sostenibles para una Economía Circular del CSIC (SusPlast).

Resumen

Los plásticos de base biológica o bioplásticos son una alternativa a los plásticos derivados de la industria petroquímica debido a su potencial biodegradabilidad y su origen renovable. En la actualidad se producen mayoritariamente a partir de residuos industriales y urbanos mediante procesos biotecnológicos siguiendo los principios de la economía circular.

Summary

Biology-based plastics or bioplastics, are becoming an alternative to plastics derived from the petrochemical industry due to their potential biodegradability and their sustainable origin. Nowadays, bioplastics are mostly produced from urban and industrial residues by biotechnological processes, following the principles of circular economy.

<http://www.sebbm.es/>

HEMEROTECA: http://www.sebbm.es/ES/divulgacion-ciencia-para-todos_10/acercate-a-nuestros-cientificos_107

La producción masiva de materiales plásticos (360 millones de toneladas en 2019) y la mala gestión de sus residuos hacen que en la actualidad se haya generado un gravísimo problema medioambiental de difícil solución (1). Una de las causas es su durabilidad, lo que provoca que se acumulen en el medioambiente cuando los residuos se liberan de forma accidental por una gestión ineficaz de separación y reciclado. Otro problema es el derivado de su origen no sostenible, contribuyendo notablemente al aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y por tanto al calentamiento global.

Los plásticos de base biológica (bioplásticos), son una alternativa a los plásticos derivados de la industria petroquímica debido a su potencial biodegradabilidad y su origen a partir de fuentes renovables. En la actualidad se producen mayoritariamente a partir de residuos industriales y urbanos con alta carga de materia orgánica, aunque también pueden producirse a partir de gases como el CO o el CO₂ (2).

Existen tres estrategias para generar este tipo de materiales: i) la utilización de polímeros naturales como el almidón y la celulosa, a los que se añaden plastificantes y otros aditivos para conferirles propiedades mecánicas y térmicas similares a las de los plásticos; ii) los derivados de monómeros que se producen mediante estrategias biotecnológicas, como por ejemplo el ácido poliláctico (PLA), que se genera mediante la polimerización química del ácido láctico producido mediante fermentación bacteriana, o el bio-polietileno (Bio-PE) y el bio-polietilentereftalato (Bio-PET), plásticos de base biológica no biodegradables producidos a partir del bioetanol; iii) y los biopolíesteres bacterianos o polihidroxialcanoatos (PHAs), que son los únicos bioplásticos producidos directamente por un organismo vivo.

Algunos bioplásticos son biodegradables como los derivados de celulosa, almidón, el PLA y el PHA, y otros son resistentes a la degradación como el Bio-PE y el Bio-PET, cuyas estructuras químicas son similares a sus equivalentes PE y PET derivados de la industria petroquímica, pero se sintetizan mediante procesos biotecnológicos que implican una reducción en las emisiones de GEI en su ciclo de vida.

Los PHAs son biopoliésteres con propiedades mecánicas similares a plásticos convencionales como el polipropileno (PP) o el PE, pero son de origen renovable, biodegradables y biocompatibles, por lo que tienen aplicaciones como bioplásticos y en el sector biomédico como biomateriales para implantes o sistemas de liberación sostenida (3, 4). Son poliésteres lineales de ácidos (*R*)-3-hidroxicarboxílicos (monómeros), que son sintetizados por las bacterias en condiciones de desequilibrio nutricional como reserva de carbono y energía que se acumula en su citoplasma en forma de gránulos (FIG). En estas inclusiones el poliéster está rodeado de una capa de proteínas estructurales y reguladoras denominadas fasinas que les confieren estabilidad en el citoplasma celular. Esta capa también contiene las enzimas específicas implicadas en su síntesis y degradación (sintasas y despolimerasas, respectivamente). Las despolimerasas de PHAs también se producen en otras bacterias y hongos no productoras de PHA y son las responsables de su biodegradación en el medioambiente. Los PHAs se producen de forma natural por un amplio rango de microorganismos y la producción puede alcanzar niveles de hasta el 90% de su peso seco (FIG). La variabilidad estructural de estas macromoléculas reside en la naturaleza química de cada monómero. En función del número de carbonos que conformen la cadena lateral de los monómeros, encontramos PHAs de cadena corta (scl-PHA) como el polihidroxibutírico (PHB), producido por bacterias como *Rhodospirillum rubrum* o *Cupriavidus necator*, o de cadena media (mcl-PHA) como el producido por *Pseudomonas putida* (FIG). La composición monomérica es la que determina las propiedades de cada material. Por ejemplo, los scl-PHA son poliésteres rígidos y quebradizos, con un alto grado de cristalinidad. En cambio, los mcl-PHA son mayoritariamente amorfos, presentan temperaturas de fusión y de transición vítrea más bajas y una gran flexibilidad (4). Las bacterias pueden sintetizar más de 150 monómeros diferentes generando una gran diversidad de PHAs. El que una bacteria produzca un PHA u otro no sólo

depende del rango de sustrato de su PHA sintasa, sino que además depende de su capacidad metabólica para sintetizar un monómero determinado. Por tanto, la maquinaria metabólica involucrada en la producción del PHA implica una importante conexión de la sintasa y depolimerasa con otras rutas centrales y periféricas del metabolismo del carbono bacteriano, que son las que generan el monómero que va a formar parte del bioplástico. Gracias a la biología de sistemas, en la actualidad se están utilizando estrategias holísticas tanto para abordar su estudio como para desarrollar nuevos materiales con nuevas aplicaciones mediante ingeniería metabólica combinada con la biología sintética (4-6). En este sentido, merece la pena mencionar el bioplástico antibacteriano PHACOS que fue generado mediante ingeniería metabólica en la bacteria *P. putida*. PHACOS presenta actividad antibacteriana frente a *Staphylococcus aureus* (MRSA) por lo que permite ampliar las aplicaciones de estos materiales en el campo biomédico (6).

Referencias:

1. Drzyzga O, Prieto MA. 2019. Plastic waste management, a matter for the 'community'. *Microbial biotechnology* 12:1-66
2. Revelles O, Beneroso D, Menéndez JA, Arenillas A, García JL, Prieto MA. 2017. Syngas obtained by microwave pyrolysis of household wastes as feedstock for polyhydroxyalkanoate production in *Rhodospirillum rubrum*. *Microbial Biotechnology* 10 (6), 1412-1417
3. Dinjaski, N, and MA Prieto. 2015. Smart polyhydroxyalkanoate nanobeads by protein based functionalization. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine* 11: 885-889
4. Prieto MA, Escapa IF, Martínez V, Dinjaski N, Herencias C, de la Peña F, Tarazona N and Revelles O. 2016. A holistic view of polyhydroxyalkanoate metabolism in *Pseudomonas putida*. 2016. *Environmental Microbiology* 18: 341-357
5. Dinjaski N, Fernández-Gutiérrez M, Selvam S, Parra-Ruiz FJ, Lehman SM, San Román J, García E, García JL, García AJ, Prieto MA. 2014. PHACOS, a functionalized bacterial polyester with bactericidal activity against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Biomaterials* 35: 14-24
6. Mato, A., Blanco FG, Maestro B, Sanz JM, Pérez-Gil J, Prieto MA. 2020. Dissecting the polyhydroxyalkanoate-binding domain of the PhaF phasin: rational design of a minimized affinity tag. *Appl Environ Microbiol* DOI: 10.1128/AEM.00570-20

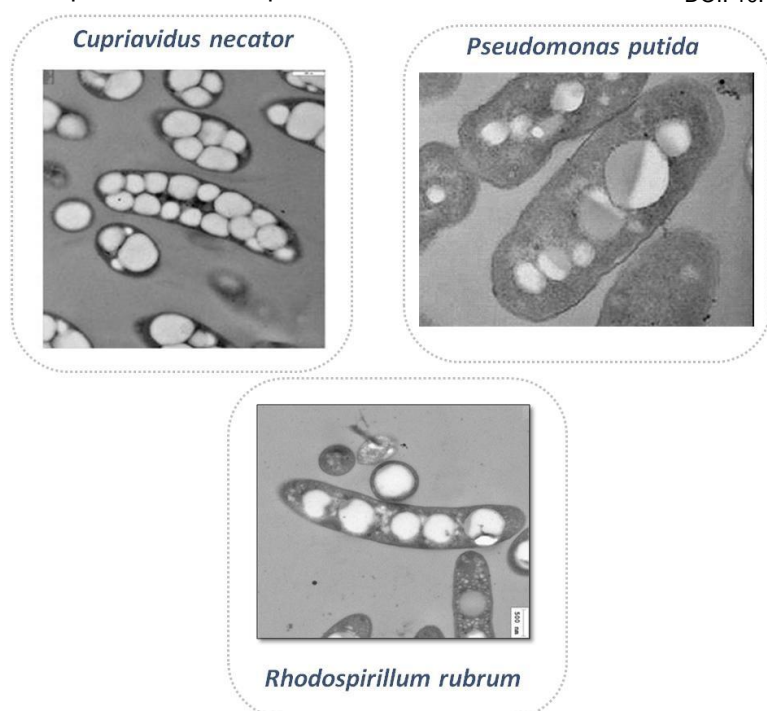


Figura. Micrografía electrónica de bacterias productoras de PHA.