Lactosuero, alternativa sostenible para la producción de bioplásticos

Whey, a sustainable alternative for the production of bioplastics

Por Joaquín Rolando Robles Muñoz, Gehovana González Blanco y Ricardo Beristain Cardoso

Resumen: La elaboración de quesos origina una gran cantidad de lactosuero que resulta ser un contaminante potencial de los cuerpos receptores de agua, debido al alto contenido de nutrientes y materia orgánica. Sin embargo, el lactosuero puede ser empleado como sustrato para la producción de bioplásticos, los cuales generan productos de valor agregado y minimizan sus efectos negativos al ambiente.

Palabras clave: lactosuero, contaminación, bioplásticos.

Abstract: The cheese-making process produces a high content of whey, which is a potential pollutant of receiving water bodies, owing to presence of nutrients and organic matter. However, whey can be used as a substrate for the production of bioplastics, which generate value-added products and minimize their negative effects on the environment.

Keywords: whey, pollution, bioplastics.



Ilustración: Fernando Simpson en Pixabayv

La industria láctea produce anualmente millones de toneladas de suero de leche o lactosuero, el cual es un subproducto o residuo de la elaboración del queso. Se estima que por cada kilogramo de queso se originan entre 8 y 9 litros de lactosuero, lo cual provoca considerables problemas ambientales, debido a su alto contenido de suero en materia orgánica (Fernández-Gutiérrez *et al*., 2017).

La descarga de este líquido en los cuerpos receptores de agua ocasiona diferentes efectos negativos, como disminución del oxígeno disuelto, presencia de grasas, formación de espumas, salinización, acidificación y liberación de olores desagradables (Palmieri *et al*., 2017).

Este residuo también contiene entre 50-55% de los nutrientes de la leche (proteínas funcionales, vitaminas B, minerales y lactosa), por ello, en las últimas décadas, se han estudiado las posibilidades del lactosuero como una materia prima sostenible orientada en aplicaciones biotecnológicas (Zotta *et al*., 2020). Uno de los usos sostenibles es para la producción de bioplásticos. El prefijo *bio* en bioplásticos significa que el material proviene de recursos renovables que son polimerizados mediante mecanismos químicos o que se produce mediante procesos biológicos, utilizando recursos renovables. En ambos casos, el material debe ser biodegradable (Rosenboom *et al*., 2022).

El lactosuero se ha utilizado con éxito como sustrato para producir dos bioplásticos a través del proceso de fermentación: el ácido poliláctico (APL) y los polihidroxialcanoatos (PHA).

La producción de APL se lleva a cabo por una fermentación láctica que realizan las bacterias en ausencia de oxígeno, las cuales utilizan la lactosa y los nutrientes que contiene el lactosuero para producir el ácido láctico (AL). Una vez obtenido el AL este se polimeriza para producir APL. La polimerización consta de tres etapas: policondensación (que consiste en eliminar agua de la molécula de AL), obtención de lactida (compuesto cíclico del AL) y polimerización con apertura de anillo de la lactida, que finalmente nos da el APL.

Así, el APL generado es un polímero termoplástico cuyas características mecánicas son comparables con los polímeros sintéticos convencionales que tienen tiempos de degradación de hasta mil años, como el tereftalato de polietileno (PET, plástico que se utiliza para elaboración de botellas de plástico) y el poliestireno (PE, polímero empleado para la producción de unicel). La ventaja de que el plástico sea biodegradable es que no es tóxico, es biocompatible, compostable y con tiempos de degradación menores a dos años (Rajeshkumar *et al*., 2021). Estas características permiten que el APL sea aprovechado por la industria, y no solo en la química, sino también para el embalaje de alimentos, dispositivos médicos, productos para el hogar, fabricación de tejidos y fibras (Figura1) (Zandona *et al*., 2021; Nanda *et al*., 2022).

Figura 1. Producción de AL para la obtención de APL



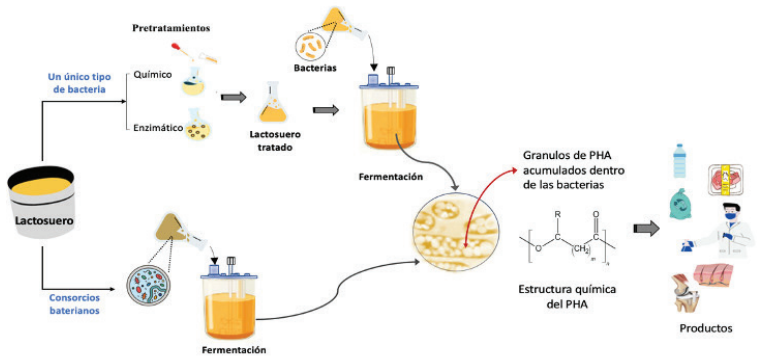
EL BIOPLÁSTICO SE PUEDE USAR PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS, DISPOSITIVOS MÉDICOS, PRODUCTOS PARA EL HOGAR, FABRICACIÓN DE TEJIDOS Y FIBRAS

Por otro lado, la producción de PHA se lleva a cabo a través del metabolismo de cepas microbianas únicas o con cultivos microbianos mixtos, los cuales son capaces de almacenar los sustratos en forma de energía y carbono intracelularmente como gránulos en las células microbianas.

Cuando se recurre a cepas únicas, es necesario realizar un pretratamiento al lactosuero para mejorar la producción de PHA, porque estas cepas no procesan de forma eficiente la lactosa y, por esta razón, es conveniente realizar una hidrólisis química o enzimática

de la lactosa para obtener glucosa y galactosa antes de la fermentación, además de mejorar los rendimientos. Por otro lado, cuando se usan cultivos microbianos mixtos, no se requieren pretratamientos; los microorganismos son capaces de adaptarse a sustratos complejos de desechos industriales como el lactosuero (Figura 2), aunque producen menores cantidades de PHA (Amaro *et al.*, 2019).

Figura 2. Métodos de síntesis biológica para la producción de PHA



En ambos métodos, el PHA generado es un poliéster con características similares a los plásticos comunes, como el polipropileno (PP, que se utiliza para la producción de textiles, envases y hasta dispositivos médicos) y el PET; sin embargo, al ser biodegradables y biocompatibles, tienen un amplio espectro de productos finales, que van desde la fabricación de envases hasta aplicaciones médicas: implantes, portadores de fármacos, ingeniería de tejidos, agentes de biocontrol, agentes anticancerígenos, agentes antibacterianos y potenciadores de la memoria, entre otros (Amaro *et al.*, 2019).

Actualmente, en el Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua, en colaboración con la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma, se están utilizando métodos biológicos para caracterizar y valorar el lactosuero generado por productores de queso artesanal del Estado de México, con la finalidad de crear bioplásticos y reducir el impacto ambiental del lactosuero en los cuerpos de agua.

Referencias

Fernández-Gutiérrez, David *et al.* (2017). "Biovalorization of saccharides derived from industrial wastes such as whey: a review", en *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, vol. 16, núm. 1. <https://doi.org/10.1007/s11157-016-9417-7>.

Nanda, Sonil *et al.* (2022). "Innovations in applications and prospects of bioplastics and biopolymers: a review", en *Environmental Chemistry Letters*, vol. 20, núm.1, pp. 379-395. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01334-4>.

Palmieri, Nadia, Maria Bonaventura Forleo y Elisabetta Salimei (2017). "Environmental impacts of a dairy cheese chain including whey feeding: An Italian case study", en *Journal of Cleaner Production*, vol. 140, núm. 2. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.185>.

Rajeshkumar, G. *et al.* (2021). "Environment friendly, renewable, and sustainable poly lactic acid (pla) based natural fiber reinforced composites–A comprehensive review", en *Journal of Cleaner Production*, vol. 310, núm. 127483. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127483>.

Rosenboom, Jan-Georg, Robert Langer y Giovanni Traverso (2022). "Bioplastics for a circular economy", en Nature Reviews Materials, vol. 7, núm 2. <https://doi.org/10.1038/s41578-021-00407-8>.

Tiago M. M. M., Amaro *et al.* (2019). "Prospects for the use of whey for polyhydroxyalkanoate (PHA) production", en Frontiers in Microbiology, vol. 10, núm. 992. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00992>.

Zandona, Elizabeta, Marijana Blažić y Anet Režek Jambrak (2021). "Whey utilization: Sustainable uses and environmental approach", en *Food Technology and Biotechnology*, vol. 59, núm. 2. <https://doi.org/10.17113/ftb.59.02.21.6968>.

Zotta, Teresa *et al.* (2020). "Valorization of cheese whey using microbial fermentations", en *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 104, núm. 7. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10408-2>.



Joaquín Rolando Robles Muñoz es Licenciado en Biotecnología por la Facultad de Ciencias de la UAEMéx, con la tesis Producción de ácido láctico a partir de lactosuero de queso fresco. Actualmente es alumno de la Maestría de Ciencias del Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA), de la misma universidad.



Gehovana González Blanco es Doctora en Biotecnología, adscrita al IITCA, UAEMéx. Integrante del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores nivel I. Su línea de trabajo contempla las áreas de biotecnología ambiental e industrial para el desarrollo de bioingeniería y bioprocesos de cepas y consorcios microbianos con aplicación en el tratamiento y valorización de residuos sólidos y líquidos.



Ricardo Beristain Cardoso es Doctor en Biotecnología por la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Es integrante del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores nivel I y profesor-investigador de tiempo completo en el Departamento de Recursos de la Tierra de la UAM-Lerma. Sus principales líneas de investigación son el acoplamiento de los ciclos biológicos y desarrollo de reactores híbridos para el tratamiento de aguas residuales.