

BIOPLÁSTICOS

Arrastrada por la corriente giratoria del océano Pacífico Norte, una sopa de pequeños fragmentos de detritos plásticos fluctúa arrastrando objetos tan diversos como redes de pesca, envases, ojetas, cepillos de dientes, etcétera. Traídos por los ríos o lanzados al mar desde barcos o plataformas de petróleo, esos restos plásticos se concentran en una superficie enorme, conocida como la gran mancha de basura del Pacífico, donde se degradan muy lentamente. Las mismas propiedades (costo, durabilidad) que dieron ventaja a los plásticos sobre otros materiales los convirtieron en un problema para el medio ambiente.

Los plásticos son el producto de la reacción entre un polímero y un plastificante. En la industria de plásticos tradicional la materia prima utilizada para sintetizarlos es fósil (petróleo). Una vez procesados, estos plásticos ocupan un lugar preponderante en nuestras vidas. Una parte es reutilizada o reciclada pero el resto es descartado, iniciándose un lentísimo proceso de degradación que puede durar varios siglos. Sustituir esos materiales por otros biodegradables ayudaría a reducir la presión sobre los recursos naturales no renovables (petróleo) y a disminuir el volumen de residuos domésticos, agrícolas e industriales.



La biotecnología industrial ha desarrollado la síntesis de bioplásticos, que se diferencian de los convencionales fundamentalmente porque los polímeros que conforman su materia prima son de origen biológico (celulosa, almidón, aceites vegetales) en lugar de fósil. A su vez, aunque unos pocos plásticos de origen fósil son biodegradables, la mayoría de los bioplásticos lo son.

Uno de los bioplásticos más versátiles es el ácido poliláctico (PLA), un

poliéster formado a partir del ácido láctico producido por fermentación. Sirve para rellenar almohadas y colchones, como revestimiento de películas o papel, en la fabricación de embalajes descartables y en las industrias automotriz y electrónica.

Otros bioplásticos son sintetizados directamente por microorganismos. Algunos, como el polihidroxialcanoato (PHA) y el polihidroxibutirato (PHB), también son usados en embalajes por la industria de alimentos. Otros, como

¿DE QUÉ SE TRATA?

Un uso novedoso para un ingrediente milenario: los bioplásticos de almidón.

el Biopol, encuentran aplicaciones en el área médica.

Los bioplásticos en el aula

Tanto en el contexto de los problemas ambientales abordados en los cursos de ciencias naturales como en los de química y biotecnología, este artículo propone una manera experimental y novedosa de incorporar la dimensión tecnológica en la formación científica del alumno.

Proponemos la preparación de plásticos de almidón de dos modos diferentes, siempre con un criterio de sencillez y economía de recursos materiales. Los protocolos que presentamos aquí pueden realizarse en un laboratorio escolar con elementos al alcance de todos, pero también pueden ser desarrollados con equipos más sofisticados (material de vidrio, balanza, estufa, agitador, pipeta, etcétera).

Bioplásticos de almidón: fundamentos

El almidón es un azúcar (polisacárido) de reserva predominante en las plantas. En las industrias químicas y de alimentos que lo utilizan como materia prima se lo extrae de maíz, papa, arroz, trigo y mandioca. La molécula de almidón está formada por monómeros de glucosa unidos mediante ligaciones α -(1 \rightarrow 4) asociados en cadenas lineales que conforman la amilosa (figura 1) y en cadenas con ramificaciones resultantes de la presencia de otro tipo de ligaciones, denominadas α -(1 \rightarrow 6). Estas cadenas ramificadas constituyen la amilopectina (figura 1).

El almidón forma una goma (gelatiniza) cuando se lo hidrata a una temperatura relativamente alta. La ruptura (hidrólisis) parcial que experimentan las cadenas de amilosa y amilopectina cuando son hidratadas permite la entrada de otros compuestos, denominados *aditivos*, que, al establecer nuevas ligaciones químicas, modifican la estructura del almidón. Esos aditivos cumplen pues una función plastificante y, según las ligaciones químicas que formen con las otras moléculas (ligaciones puentes de hidrógeno o cova-



Figura 1. Estructura del almidón. La presencia de almidón suele detectarse por tinción con un reactivo denominado Lugol (yodo y yoduro de potasio en una solución de agua) que le confiere coloración azulada. Esta reacción se debe a la inclusión del yodo en la hélice formada por la cadena lineal de la amilosa, resultando un compuesto de color azul oscuro.

lentes), la estructura será más flexible o más rígida respectivamente.

Las características de un plástico de almidón dependen básicamente del plastificante elegido. Sustancias como el glicerol (un tipo de alcohol), que tiene propiedades humectantes, forman películas flexibles. En cambio, sustancias como los ácidos grasos forman plásticos más rígidos. La concentración del aditivo plastificante también puede modificar las propiedades del bioplástico.

Preparación de un plástico rígido de almidón

Este plástico se prepara en el horno de microondas calentando el almidón con agua y aceite vegetal. ¿Qué se necesita? Un horno de microondas, almidón de maíz, agua, aceite vegetal, una bolsa plástica y unas gotas de colorante de alimentos.

Esas cantidades son las mínimas necesarias para realizar un único experimento. Las cantidades totales tendrán que ser calculadas en función del

número de alumnos y del modo en que se desarrollará el aula.

Procedimiento experimental

1. Colocar en la bolsa de plástico 2 cucharadas soperas de almidón (16g), 2 cucharadas soperas de agua (30ml) y unas gotas de colorante de alimentos.
2. Mezclar, amasando la bolsa con las manos.
3. Agregar 4 o 5 gotas de aceite vegetal en la bolsa de plástico y mezclar nuevamente.
4. Cerrar la bolsa dejando una abertura en la punta.
5. Calentar en el microondas durante 30 o 40 segundos. Esperar que la temperatura baje y retirar la bolsa del microondas, con muchísimo cuidado para evitar quemaduras.
6. Una vez frío, retirar el plástico de la bolsa y dejar secar un par de días a temperatura ambiente.

Una vez logrado el producto (figura 2), es posible analizar algunas de las propiedades del bioplástico obtenido, como dureza, flexibilidad y posibilidad de biodegradación.

El protocolo anterior puede ser utilizado en indagaciones más complejas. Una posibilidad es comparar los bioplásticos obtenidos con diferentes fuentes: almidón de maíz, harina de trigo, fécula de papa, fécula de mandioca, etcétera. Otra es comparar los bioplásticos obtenidos con diferentes dispersantes: aceite de soja, aceite de girasol, aceite de maíz, etcétera. Y una tercera es ver lo que ocurre al modificar las proporciones de almidón y aceite.

Preparación de un plástico flexible de almidón

Este protocolo es algo más complejo que el anterior porque demanda ciertos equipamientos y reactivos específicos de laboratorio: material de vidrio, mechero, balanza, estufa, agitador y soluciones de ácido clorhídrico e hidróxido de sodio. En este caso, además, se utiliza glicerol como agente plastificante.

Los materiales necesarios son los siguientes: un baño María con agua hirviendo, almidón de maíz, agua destilada, una solución de ácido clorhídrico (HCl 0,1M), una solución de hidróxido de so-

dio (NaOH 0,1M), glicerina comercial, colorante de alimentos (opcional) y una bandeja de telgopor de las que se usan para embalar alimentos. Antes de iniciar el procedimiento se discutirán las normas de seguridad que serán adoptadas (uso de guantes o anteojos de protección).

Como en el protocolo anterior, esas cantidades son las mínimas necesarias para realizar un único experimento. Las cantidades totales tendrán que ser calculadas en función del número de alumnos y del modo en que se desarrollará el aula.

Procedimiento experimental

1. Colocar en un vaso de precipitados 5g de almidón de maíz. Agregar, mezclando bien, 40ml de agua destilada, 4ml de glicerina 50% (v/v), 6 ml de HCl 0,1M y unas gotas de colorante de alimentos.
2. Mantener aproximadamente 10 minutos en baño María, en hervor, agitando continuamente, hasta que la mezcla quede viscosa. Si la viscosidad se torna demasiado alta, adicionar de 2 a 8ml de NaOH 0,1M, para disminuirla.
3. Verter la mezcla en la bandeja y dejar secar algunas horas al sol o varios días a temperatura ambiente.



Figura 2. Bioplástico rígido de almidón. A. Mezcla de almidón, agua, aceite y colorante. B. La misma mezcla al salir del microondas. C. El bioplástico, ya seco.

Una vez obtenido el producto (figura 3), analizar algunas de las características del bioplástico obtenido, por ejemplo, flexibilidad, resistencia, combustibilidad y posibilidad de biodegradación.

Así como el anterior, este protocolo puede dar pie a varias indagaciones relacionadas con la adaptación de la técnica para la elaboración de bioplásticos con almidones de diferente origen (papa, mandioca) o a la obtención de películas de diferente tamaño y espesor.

Biotecnología blanca

Estos protocolos fueron aplicados con éxito repetidas veces en nuestros



Figura 3. Bioplástico flexible de almidón. Vertido de la mezcla en el molde (izquierda) y producto final (bioplástico flexible) terminado.

cursos de biotecnología para los alumnos del Instituto de Tecnología ORT de Río de Janeiro y también en cursos de perfeccionamiento de profesores realizados en ORT Uruguay (2005) y en el marco de la Conferencia Río+20 (2012), junto con el Consejo Regional de Biología de Río de Janeiro y Espírito Santo, Brasil.

Estas actividades ilustran aspectos de la biotecnología industrial, también denominada biotecnología blanca porque procura reemplazar las tecnologías contaminantes por otras más limpias o amigables con el ambiente. Por su alcance y versatilidad pueden ser

ubicadas dentro del área denominada STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*), una tendencia educativa que trata de estimular el interés de los jóvenes por esas disciplinas. Los consideramos 'protocolos de partida' porque exigen pocos recursos económicos, pueden ser aplicados en diferentes niveles y adaptados a diferentes modalidades didácticas. Aunque dediquemos este artículo a los bioplásticos de almidón, es posible obtener plásticos a partir de otros polímeros naturales, como la caseína o la gelatina.

Los bioplásticos de almidón no son materiales para un futuro lejano o de

ciencia-ficción. En Europa ya son comercializados embalajes bioplásticos para el acondicionamiento de manteca y margarina sintetizados a partir de almidón combinado con poliésteres de origen renovable o petrolero. Y en Italia, Finlandia y Dinamarca se venden bolsas de basura de composición semejante, que son biodegradables.

El mundo de la biotecnología industrial o biotecnología blanca está a nuestro alcance. Es imperativo mostrar a los jóvenes la existencia de tecnologías limpias y su contribución para un desarrollo sustentable. **CH**

LECTURAS SUGERIDAS

BIOTECNOLOGIA, ENSINO E DIVULGAÇÃO,

www.bteduc.bio.br. Página web dedicada a la enseñanza y divulgación de la biotecnología.

DÍAZ A, 2005, *Bio ¿qué? Biotecnología, el futuro llegó hace rato,* Buenos Aires, Siglo XXI-Universidad Nacional de Quilmes-Tres Tiempos.

MALAJOVICH MA MUÑOZ de, 2012, *Biotecnología,* Bernal, Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes.



María Antonia Muñoz de Malajovich

Doctora en ciencias biológicas, Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil.

Profesora y coordinadora de biotecnología, Instituto de Tecnología ORT de Río de Janeiro, Brasil.

Profesora visitante de biotecnología, Universidad ORT, Uruguay.

Directora científica de la Asociación Nacional de Bioseguridad (ANBIO), Brasil.

maria.antoniamuoz@bteduc.bio.br