

BIODEGRADABILIDAD DE MATERIALES BIOPLÁSTICOS

*Ariel Rodríguez**

Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, Carretera al Guatao, km 3 1/2, La Habana,

C.P. 19 200, Cuba.

E-mail: ariel87@iiaa.edu.cu

RESUMEN

El uso de recursos renovables y la biodegradabilidad del producto se consideran las nuevas alternativas para disminuir el impacto ambiental ocasionado por la acumulación de materiales sintéticos. Entre los criterios de diseño compatibles con el medio ambiente se encuentran los polímeros biodegradables para películas y envases. Estos polímeros tienen origen en materias orgánicas, de ahí el concepto de plásticos biodegradables o bioplásticos, un principio renovable que puede biodegradarse por la acción de los microorganismos a corto plazo. La introducción de estos materiales ha fomentado la necesidad de evaluar el proceso de biodegradación. Este factor, impulsado con el creciente consumo de los bioplásticos, ha determinado el desarrollo de investigaciones y formulación de normas y criterios de ensayos para evaluar la biodegradabilidad. En este trabajo se resume información sobre las características fundamentales de los bioplásticos, la biodegradación y algunas pruebas que se realizan para evaluar la biodegradabilidad.

Palabras clave: biodegradabilidad, bioplásticos, polímeros.

ABSTRACT

Biodegradability of plastic materials

Uses of renewable resources and biodegradability have been considered the new alternatives to minimize the environmental impact, caused by synthetic material accumulation. Biodegradable polymers have been developed for films and containers. These polymers have an origin in organic matters, in principle renewable, that is why the concept of biodegradable or bioplastic, that can biodegrade due to the action of microorganism in a short time. The introduction of these materials has encouraged the need of evaluating the biodegradation process. This factor, stimulated by the increasing consumption of bioplastics, has determined the development of researches and the formulation of rules and trial criteria to evaluate biodegradability. This review summarizes some information about the principal characteristics of bioplastics, biodegradation and some tests carried out to evaluate biodegradability.

Key words: biodegradability, bioplastics, polymers.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han desarrollado polímeros biodegradables para películas y envases que permiten disminuir el impacto ambiental ocasionado por la acumulación de materiales sintéticos. Estos polímeros tienen un origen en materias orgánicas, de ahí el concepto de bioplástico, un principio renovable que puede biodegradarse por la acción de los microorganismos a corto plazo (1). Un estudio adelantado de la *European Bioplastics* conjuntamente con la Universidad de Ciencias y Artes Aplicadas estima que de una producción de 700 mil toneladas en 2010, la capacidad productiva de bioplásticos aumentará hasta 1,7 millones de toneladas en 2015 (2).

**Ariel Rodríguez: Licenciado en Ciencias Alimentarias, (IFAL, 2011). Actualmente es reserva científica en el Dpto. de Envases y Embalajes, se desarrolla en la línea de investigación de empleo y desarrollo de películas biodegradables.*

Para evaluar el comportamiento ambiental de los materiales plásticos se realizan ensayos de biodegradabilidad. Muchas de estas pruebas han sido normalizadas para garantizar que sus resultados sean confiables y válidos, independientemente del laboratorio en el que sean obtenidos (3).

Debido a la marcada tendencia en adoptar pruebas de biodegradabilidad en países industrializados, en América Latina se ha reconocido la necesidad de establecer este tipo de ensayos. Varios países latinoamericanos están en el proceso de desarrollo e implementación o ya han implementado criterios y pruebas de ensayo para determinar el grado de biodegradabilidad de sustancias orgánicas (4).

En el Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia se han desarrollado investigaciones relacionadas con películas biodegradables (5). Por tal motivo resulta de interés contar con la información referida a estos materiales y su comportamiento ambiental.

En este trabajo se resume información sobre las características fundamentales de los bioplásticos, la biodegradación y algunas pruebas que se realizan para evaluar la biodegradabilidad.

Bioplásticos. Generalidades

Los bioplásticos pueden ser fabricados a partir de recursos renovables, tanto de origen animal como vegetal o recursos fósiles. Es la estructura química lo que hace a un polímero biodegradable y lo diferencia de un polímero convencional, esto permite que pueda ser destruido por microorganismos, como hongos y bacterias en ambientes biológicamente activos (6).

Según la *International Standard Organization* (ISO), los bioplásticos son definidos como aquellos plásticos que se degradan por la acción de microorganismos. Son estructuras poliméricas que permiten mantener completamente la integridad física durante su manufactura, posterior almacenamiento, envasado, vida en estanterías y uso por el consumidor, pero al final de su vida útil son desechados y sufren cambios químicos por influencia de agentes ambientales y microorganismos, que lo transforman en sustancias simples o en componentes menores que eventualmente se asimilan al medio ambiente (7).

Se han desarrollado cuatro tipos de plásticos biodegradables: fotodegradables, semi-biodegradables, biodegradables sintéticos y completamente biodegradables naturales (8).

Los plásticos fotodegradables tienen grupos sensibles a la luz incorporados directamente al esqueleto del polímero. Con la luz ultravioleta (en varias semanas o meses) la estructura polimérica puede desintegrarse en una estructura abierta que le permite ser descompuesta a partículas de plástico más pequeñas, que en algunos casos son susceptibles de degradación por bacterias. Los plásticos semi-biodegradables tienen azúcares unidos a fragmentos cortos de polietileno. En este caso, las bacterias degradan los azúcares y dejan libre el polietileno. En la actualidad se ha desarrollado otro tipo de plástico sintético degradable; es un plástico basado en alcohol polivinílico con estructura parecida al polietileno (8). La presencia de grupos hidroxilo en este polímero lo hacen hidrofílico y por tanto, soluble en agua. Por último, el cuarto tipo de plásticos son los completamente degradables naturales, estos sufren la degradación del material por medio de microorganismos hasta llegar a dióxido de carbono, agua, metano y biomasa en un periodo de tiempo razonable (7).

Los materiales biodegradables son utilizados en diferentes formas y para variados productos. El mercado más común para los bioplásticos es el de los envases. Las aplicaciones incluyen bolsas de compras, bolsas de recolección de residuos compostable, bandejas y envases para alimentos a base de biomasa. Otras áreas donde se está desarrollando su aplicación es en el sector automotriz y de productos electrónicos (8).

Biodegradabilidad. Generalidades

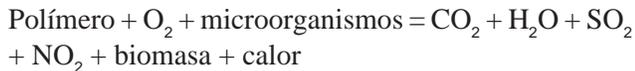
Se trata de procesos que describen la mineralización de las estructuras orgánicas por medio de microorganismos. Estos microorganismos convierten los bioplásticos en dióxido de carbono, metano, agua y biomasa (9).

Los procesos de biodegradación comprenden dos categorías: biodegradación primaria y biodegradación secundaria o mineralización. Durante la biodegradación primaria se producen discretas alteraciones estructurales en la molécula original, lo que hace que esta pierda sus propiedades físico-químicas. Durante la biodegradación secundaria o total, la sustancia química

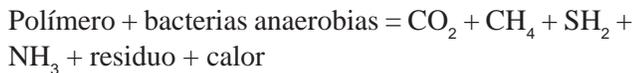
es metabolizada por los microorganismos como fuente de carbono y energía, siendo completamente transformada en compuestos inorgánicos. La descomposición puede llevarse a cabo en presencia de oxígeno (aeróbica) o en su ausencia (anaeróbica) (10).

En los materiales degradables el proceso biodegradativo puede verificarse en condiciones anaerobias o aerobias.

- Reacción en medio aerobio



- Reacción en medio anaerobio



Los factores que influyen en el proceso biodegradativo son las condiciones del medio (pH, temperatura, humedad, etc.), las características del polímero (peso molecular, enlaces químicos susceptibles a la hidrólisis, presencia de monómero residual o aditivos, etc.), dimensiones del material y las características del microorganismo (cantidad, tipo y fuente).

Plásticos biodegradables y compostables

Los materiales biodegradables no necesariamente son compostables, pues un material es biodegradable si la degradación ocurre como resultado de la acción de microorganismos y el material sufre descomposición en materia orgánica y minerales. Sin embargo, los plásticos compostables son degradables por los procesos biológicos en condiciones específicas (humedad, temperatura y tiempo) que ocurren durante el compostado y se convierten en dióxido de carbono, agua, biomasa y que no deja residuos tóxicos ni visibles (9).

Evaluación del proceso biodegradativo

La ISO publicó la norma EN 13432 adaptada para envases, en esta se describen métodos de prueba para determinar la biodegradación de los polímeros en el lapso de tiempo del sistema de compostado a nivel industrial. Esta norma define la capacidad de compostado de los bioplásticos, describe métodos de prueba para determinar la biodegradación de polímeros en un lapso de tiempo de un sistema de compostado industrial y certi-

fica los plásticos compostables y biodegradables, de forma tal que el consumidor pueda distinguirlos fácilmente (9). La certificación y el etiquetado de los bioplásticos como biodegradables/compostables, permite tratar estos materiales post-consumo junto con la fracción orgánica (restos de comida, poda, papeles) de los residuos sólidos urbanos en plantas de compostaje.

Existen otras normas desarrolladas como la EN ISO 14853-15985 (Biodegradabilidad anaeróbica final de los materiales plásticos en la digestión de lodos), EN ISO 17556:2003 (Biodegradabilidad aeróbica final en la tierra por medio de la medición de la demanda de oxígeno en un respirómetro o de cantidad de dióxido de carbono), EN ISO 14851-14852 (Biodegradabilidad aeróbica final de los materiales plásticos en un medio acuoso) y EN ISO 14853 - 14852 (Biodegradabilidad anaeróbica final de los materiales en medio acuoso) (9).

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), establece varias pruebas para determinar la biodegradabilidad de una sustancia, algunos de estos ensayos comprenden las pruebas de biodegradabilidad inmediata, intrínseca y en suelos (3).

Las pruebas de biodegradabilidad inmediata se basan en la incubación aerobia estática, o por lote, de una cantidad reducida de biomasa en un medio mineral, a pH neutro y temperaturas entre 20 y 25 °C. La sustancia en estudio se añade a una concentración definida, como única fuente de carbono y energía. El inóculo consiste en una población microbiana natural que no haya sido expuesta al compuesto de prueba (3).

Las pruebas de biodegradabilidad intrínseca se desarrollan bajo condiciones ambientales más favorables a la biodegradación, sobre todo en lo que concierne a la duración del ensayo y al mantenimiento de una viabilidad elevada del inóculo. Lo anterior se logra mediante la adaptación previa del inóculo a la sustancia y la adición de una fuente adicional de carbono (3).

El ensayo de biodegradabilidad en suelos implica la adición de la sustancia de prueba a muestras de suelo y su posterior incubación en un biómetro a temperatura y humedad constantes, y en ausencia de luz, la sustancia de prueba puede ser o no marcada radiactivamente. A diferentes períodos de incubación se realiza una extracción de las muestras y se determi-

nan los contenidos de la sustancia de prueba, y de los principales productos de degradación. Los productos volátiles deben ser colectados absorbiéndolos en los medios apropiados para su posterior cuantificación (3).

Se han realizado investigaciones para evaluar el proceso biodegradativo en películas biodegradables de almidón. Se ha estudiado la biodegradación aerobia de distintas formulaciones de almidón termoplástico, fabricado a partir de almidón de maíz y glicerina (plastificante, 30 y 40 %), mediante monitoreo de la liberación del CO₂ en el tiempo (1). La medición de las propiedades mecánicas es otra forma eficaz de medir la biodegradación de los plásticos. Así se ha analizado el cambio del porcentaje de elongación de una película con almidón en siete meses de ejecución de la prueba

(11) y para polietileno de baja densidad reforzado con bagazo de caña en tres meses de prueba (12). La pérdida de peso de una muestra a lo largo de un período de degradación también se encuentra registrada como un indicador de la degradabilidad de un polímero (13).

CONCLUSIONES

Los bioplásticos constituyen la oportunidad estratégica para la exigencia medio ambiental gestada durante estos últimos años, debida a la acumulación de materiales sintéticos. La evaluación del proceso de biodegradación de estos materiales poliméricos está determinada para el desarrollo de investigaciones relacionadas con el favorable impacto ambiental.

REFERENCIAS

1. Merchán, P.; Ballesteros, D.; Jiménez, I. C.; Medina, J. A. y Álvarez, O. Estudio de la biodegradación aerobia de almidón termoplástico [en línea]. Consultado 31 enero 2012 en www.polimeros.labb.usb.ve/RLMM/home.html
2. European Plastics Converters (EUPC). El empaque. 17(2): 8-9, 2011.
3. Vázquez, G. A y Beltrán, R. I. Interciencia. 29(10): 571-574, 2004.
4. Famá, L. M.; Gerschenson, L. N. y Goyanes, S. N. Rev. Latinam. Metal. Mater. S1 (3): 1235-1240, 2009.
5. Chang, L.; Martino, M. y Rodríguez, J. Influencia de la incorporación de extracto de propóleos rojo cubano en las propiedades funcionales de una película base almidón. En: Montero, P y Mauri, A. AGROBIOENVASES. Memorias de la II Jornadas Internacionales sobre avances en la tecnología de películas y coberturas funcionales en alimentos. Buenos Aires. 17-18 mayo, 2010.
6. Castrillón, T. Guía técnica de envases y embalajes [en línea]. Consultado 31 enero 2012 en www.guiaenvase.com/phs/ainia.html.
7. Escudero, L. Determinación de la biodegradabilidad y toxicidad de materiales plásticos (proyecto fin de Carrera. Universidad politécnica de Cartagena) 2011.
8. Segura, D.; Noguez, R. y Espín, G. Biotecnología. 14: 361-372, 2007.
9. European Plastics Converters (EUPC). Inst. Arg. de Env. (IAE). 24(1): 60-67, 2009.
10. Pardo, L.; Menéndez, J. y Giraudó, M. La Alim. Latinoam. 292: 42-44, 2011.
11. Orhan, Y. y Büyükgüngör, H. Internacional biodeterioration & biodegradation 45: 49-55, 2000.
12. Salgado, R.; Coria, L.; García, E.; Vargas, Z.; Rubio, E. y Crispín, I. Rev. Iberoam. Polím. 11 (7): 520-531, 2010.
13. Ishigaki, T.; Sugano, W.; Nakanishi, A.; Tateda, M.; Ike M. y Fijita, M. Chemosphere 54: 225-233, 2004.