Vicerrectorado de Investigación
Repositorio Digital
Resolución N° 062-2013-VRI-UNJFSC
Artículo Científico

Modelamiento de un biorreactor para la obtención de bioplásticos en la UNJFSC (Parte I)

A bioreactor modeling for obtaining bioplastics at UNJFSC (Part I)

José Saúl Orbegoso López[1], Teodosio Celso Quispe Ojeda [2]

RESUMEN

Objetivo: Obtener bioplásticos a escala laboratorio con un período de biodegradabilidad según la Norma ISO 14855 – 2. **Métodos**: En la primera fase se ha realizado el modelamiento del reactor (fermentador) donde se va a realizar la reacción enzimática del almidón a glucosa, y de glucosa a ácido láctico, y finalmente de ácido láctico a acido poliláctico y polhidroxialcanoatos. Los materiales utilizados en el presente trabajo fueron almidón obtenido de tubérculos (papa, camote), glicerina, alcohol etílico, agua destilada, y materiales de vidrio; los métodos fueron modelamiento, simulación y experimentación. En esta primera fase se han cubierto los dos primeros aspectos**. Resultados**: Los resultados obtenidos fueron por simulación, y corresponden a datos de referencias publicadas. El presente modelamiento matemático describe la reacción de obtención del bioplásticos, en el fermentador. Las variables y parámetros que sintetizan la descripción matemática formal, precisan ser validadas mediante contrastación con los datos experimentales, utilizando las herramientas estadísticas necesarias. Las pruebas experimentales se realizarán en la segunda fase. **Conclusiones**: Se concluye en que las pruebas iniciales fueron satisfactorias.
Palabras clave: Fermentador, ácido-láctico, moldeamiento, ácido poliláctico, polihidroxialcanoatos.

ABSTRACT

Objective: to obtain bioplastics at research laboratory scale that are consistent to ISO standard 14855 - 2. **Methods**: As materials were used starch obtained from tubers or prepared cellulose, and methods were the modeling, simulation and experimentation. In this first phase have covered the first two aspects. **Results**: The results summarized formal mathematical description, need to be validated by contrasting with the experimental data using statistical tools. The results are simulation, and correspond to data published references. Experimental tests will be carried out in second phase. **Conclusions**: It is concluded that the initial tests were satisfactory.

Keywords: fermentation, lactic acid, shaping, polylactic acid, polyhydroxyalkanoates.

1 Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica. Universidad Nacional José Faustino Sanchez carrión. Email: jorbegoso@unjfsc.edu.pe
2 Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y ambiental, Universidad Nacional José Faustino Sanchez carrión.

INTRODUCCIÓN

La fabricación de bolsas biodegradables para el comercio y la basura, elaboradas a partir de materias vegetales, han mostrado en países como España, que se puede lograr bioplásticos elaborados con fécula de patata como bolsas 100% biodegradables, compostables y libres de CO_2. De la fécula de 15 patatas se obtienen hasta 100 bolsas.

Estas bolsas presentan numerosas ventajas frente a las de plástico tradicionales, como el hecho de que se descomponen al final de su vida útil de manera natural en 180 días, según indica la norma europea UNE – 13432 (2001), referida a envases y embalajes, propone los requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación. Programas de ensayo y criterios de evaluación para la aceptación final del envase o embalaje.

La norma ISO 14855 – 1 (2005), es referida a la determinación de la biodegradabilidad aeróbica final de materiales plásticos en condiciones de compostaje controladas, método según el análisis de Carbono generado. Parte I. Método General.

Los bioplásticos no permanecen como residuo contaminante durante décadas. Los ensayos realizados en Universidad Politécnica de Madrid (UPM) han mostrado que la celulosa puede alcanzar hasta un 91.22% de degradación, calculado por el método de CO_2 producido, y muy similar al valor obtenido por el método de pérdida de masa (91.72%), y que, el tiempo de degradación puede ser relativamente corto, desde 45 a 60 días, para alcanzar los porcentajes de degradación referidos.

Las bolsas de plástico, fabricadas con derivados del petróleo, tardan en degradarse entre 150 y 300 años, además de acumular químicos nocivos para nuestro organismo. Las bolsas biodegradables de fécula de patata, pueden llevar cualquier mensaje o fotografía impresos, con tintas al agua que tampoco contaminan.

El bioplástico es una alternativa eficaz a los materiales tradicionales y va ganando peso en los sectores comercial y doméstico, especialmente ahora que vamos camino de la prohibición de la utilización de plásticos no biodegradables.

En Francia, (2005), una ley sobre Política Agraria dispuso que en 2010 todas las bolsas de plástico debieran de ser biodegradables. En Italia, las empresas Novamont y Coldiretti han llegado a un acuerdo para implantar un sistema de fabricación de plásticos biodegradables a partir del maíz y del girasol. En Canadá, la compañía EPI (Environmental Plastic Additives) ha desarrollado un aditivo, denominado TDPA (Totally Degradable Plastic Additives), que permite a los plásticos convencionales volverse biodegradables. Italia aprobó en 2007 una ley que prohibirá las bolsas de plástico no biodegradables a partir de 2010.

En España, las principales empresas de distribución han empezado a adoptar materiales más ecológicos, como la rafia, el TNT, o el almidón de patata. Carrefour ha eliminado de todos sus centros las bolsas de plástico con las que los clientes se llevan los productos adquiridos a sus domicilios. El Ministerio de Medio Ambiente pretende para 2015 que el 70% de las bolsas sean biodegradables.

1 Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica. Universidad Nacional José Faustino Sanchez carrión. Email: jorbegoso@unjfsc.edu.pe
2 Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y ambiental, Universidad Nacional José Faustino Sanchez carrión.

Samsung en la tendencia a no contaminar, fabrica teléfonos móviles con materiales biodegradables. Su modelo E200 Eco, ultrafino, tribanda, pantalla TFT de 1,8 pulgadas, está fabricado con bioplásticos que contienen materiales naturales extraídos de plantas como el maíz.

Biodegradación de Polímeros.- Es un proceso a través del cual se obtiene la desintegración del polímero en pequeños fragmentos debido a la ruptura de enlaces en su cadena macromolecular, tal que puedan ser asimilados como biomasa por microorganismos (bacterias, hongos, levaduras, gusanos o insectos) presentes en el medio ambiente.

La hipótesis propuesta fue: La obtención experimental de bioplásticos a partir de recursos renovables es viable y permite proyectar y dimensionalizar un proceso productivo

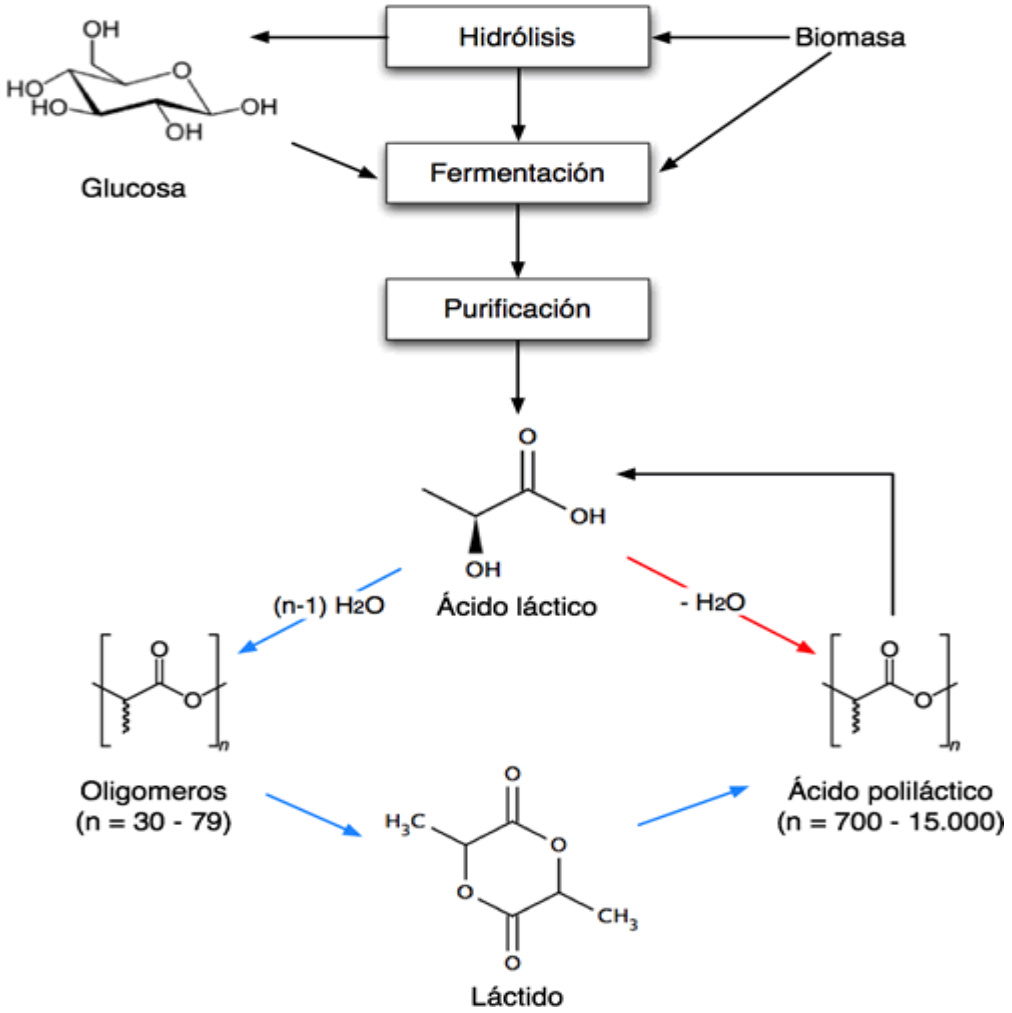
Los objetivos planteados fueron: Obtener bioplásticos a escala laboratorio con un período de biodegradabilidad según la Norma ISO 14855 – 2.

La presente investigación aporta en cuanto a que se está tratando matemáticamente el moldeamiento, que hace posible la simulación del reactor.

MATERIAL Y MÉTODOS

En la primera fase se ha realizado el moldeamiento del reactor (fermentador) donde se va a realizar la reacción enzimática del almidón a glucosa, y de glucosa a ácido láctico, y finalmente de ácido láctico a acido poliláctico y polhidroxialcanoatos, según el esquema siguiente:

1 Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica. Universidad Nacional José Faustino Sanchez carrión. Email: jorbegoso@unjfsc.edu.pe
2 Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y ambiental, Universidad Nacional José Faustino Sanchez carrión.



Los materiales utilizados en el presente trabajo son almidón obtenido de tubérculos (papa, camote), glicerina, alcohol etílico, agua destilada, y materiales de vidrio.

De acuerdo a la estequiometria de la fermentación homoláctica es la siguiente:

$$C_6H_{12}O_6 + 2\,ADP + 2\,Pi \longrightarrow 2CH_3CHOH - COOH + 2\,ATP \qquad (1)$$

En la fermentación heteroláctica hay formación de xilulosa-5 fosfato por el sistema de la glucosa-6 fosfato deshidrogenada. La estequiometria heteroláctica a partir de glucosa es la siguiente:

$$C_6H_{12}O_6 + 2\,ADP + 2\,Pi \longrightarrow CH_2 - CHOH - COOH + CH_3CH_2OH + CO_2 + 2\,ATP \qquad (2)$$

El ácido láctico además puede ser producido en mayor o menor proporción por bacterias que no suelen incluirse en el grupo láctico, tal es el caso de *Bifidobacterium*, algunas especies de *Bacillus*, *Clostridium*.

Las ecuaciones cinéticas de estas ecuaciones son las siguientes:

1 Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica. Universidad Nacional José Faustino Sanchez carrión. Email: jorbegoso@unjfsc.edu.pe
2 Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y ambiental, Universidad Nacional José Faustino Sanchez carrión.

$$r_{C_6H_{12}O_6} = \frac{dC_{C_6H_{12}O_6}}{dt} = k_1 C_{C_6H_{12}O_6} C_{ADP}{}^2 C_{Pi}{}^2 \quad (3)$$

$$r_{C_6H_{12}O_6} = \frac{dC_{C_6H_{12}O_6}}{dt} = k_2 C_{C_6H_{12}O_6} C_{ADP}{}^2 C_{Pi}{}^2 \quad (4)$$

Estas ecuaciones constituyen el modelo a utilizar en las simulaciones. Ambas son de primer orden en $C_6H_{12}OK_6$, de segundo orden en ADP y en Pi. Los coeficientes cinéticos van a varias de acuerdo a la energía libre de Gibbs de cada ecuación.

Para efectos de verificación de las ecuaciones de los modelos obtenidos, se deben simular, agregando datos, los mismos que deben ser verificados con los datos a obtener experimentalmente, en la segunda fase de ésta investigación.

RESULTADOS

El resultado de ésta fase de la investigación es la obtención del modelo representado por las ecuaciones (3) y (4), y corroboran la hipótesis en lo referente a diseño experimental.

AGRADECIMIENTOS

En forma especial al Mg. Alfredo Palomino Infante, de la UNMSM, por sus valiosas orientaciones, a mis colegas y compañeros de labores académicas en la UNJFSC, a mis alumnos colaboradores en el desarrollo de las tareas de laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cortázar, J. & Malagón, D., 2001, Evaluación experimental de tres métodos de recuperación de tres polímeros biodegradables del tipo phas sintetizados por pseudomonas. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Barbosa, M. et al, 2005, Producción de poli-β-hidroxibutarato phb por ralstonia eutropha atcc 17697. Universitas scientiarum, pontificia universidad javeriana, revista de la facultad de ciencias.

Orbegoso et al, 2013, Diseño y construcción de una planta a escala banco para obtención y compostaje de bioplásticos en la UNJFSC, Huacho, Perú.

Duarte, A., 1995, Introducción a la ingeniería bioquímica. Facultad de Ingenieria, Universidad Nacional, de Colombia, Bogotá, Colombia. Descargado de http://microbewiki.kenyon.edu/index.php/microbewiki

Narayan, R., 2001, Drivers for biodegradable/compostable plastics and role of composting in waste management and sustainable agriculture; report paper. Orbit journal 1(1), 1-9.

Steinbuchel, A., 2003, Biopolymers, volume 10: general aspects and special applications. Wiley-vch: weinheim (germany), 516 pp.

1 Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica. Universidad Nacional José Faustino Sanchez carrión. Email: jorbegoso@unjfsc.edu.pe
2 Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y ambiental, Universidad Nacional José Faustino Sanchez carrión.

Avella, M., 2001, Bonadies, e.; Martuscelli, e.; European current standardization for plastic packaging recoverable through composting and biodegradation. Polymer testing 20. 517-521.

Fritz, J.; 2001, link, u.; braun, r. Environmental impacts of biobased/biodegradable packaging. Starch 53; 105-109.

Karlsson, R.R.; Albertsson, A-C., 1998, Biodegradable polymers and environmental interaction. Polymer eng & sci. 38(8), 1251-1253.

Kaplan, D.J. et al,; Mayer, J.M..; Ball, D.; mcmassie, j.; allen, a.l.; stenhouse, p. Fundamentals of biodegradable polymers. In biodegradable polymers and packaging; ching, c., kaplan, d.l., thomas, e.l.; eds.; technomic publication: basel, 1993, 1-42.

Van de velde, k.; kiekens, P., 2002, Biopolymers: overview of several properties and consequences on their applications. Polymer testing. 21, 433-442.

1 Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica. Universidad Nacional José Faustino Sanchez carrión. Email: jorbegoso@unjfsc.edu.pe
2 Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y ambiental, Universidad Nacional José Faustino Sanchez carrión.