

Resumen

El objetivo principal de esta investigación fue la elaboración de un biopolímero a partir de almidón extraído de cáscara de banana. El almidón obtenido fue sometido a prueba de Lugol para comprobar su autenticidad, además se determinó un 40% de su rendimiento. El biopolímero se realizó a través de tres ensayos (Primero, Segundo y Tercero) con proporciones variadas de ingredientes en gramos; Glicerina (10, 10, 20); Agua (30, 40, 40); Ácido Acético (10, 10, 20); Almidón (10, 10, 10), respectivamente en cada ensayo, como un prototipo de material de empaque (lámina). Así mismo, los tres lotes fueron sometidos a pruebas de resistencia a la tracción, la primera fue la de elongación, donde el segundo ensayo obtuvo el mayor porcentaje, la segunda prueba a las que fueron sometidos fue a la de flexión, donde el tercer y el segundo ensayo tuvieron un mayor porcentaje. Finalmente, cada ensayo fue sometido a pruebas de biodegradabilidad en dos condiciones diferentes, en agua y en suelo en la intemperie. En el medio acuoso el segundo ensayo presentó una mayor degradación. En el medio terrestre la mayor descomposición tuvo el primer ensayo. En el medio acuoso se obtuvo las más pronunciadas degradaciones. Con los resultados se pudo demostrar que es factible la elaboración de una lámina de bioplástico a partir del almidón extraído de cáscara de banana, siendo la fórmula más promisoría la del segundo ensayo compuesta por un 15 % de almidón 14 % de glicerina, 14 % de ácido acético y 57% de agua, por sus porcentajes de resistencias más elevados.

Palabras claves: *Almidón, Biodegradabilidad, Biopolímero, Lámina.*

Abstract

The main objective of this investigation was the elaboration of a biopolymer from starch extracted from banana peel. The starch obtained was tested by Lugol to verify its authenticity, and 40% of its yield was determined. The biopolymer was made through three trials (First, Second and Third) with varying proportions of ingredients in grams; Glycerin (10, 20, 20); Water (30, 40, 40); Acetic acid (10, 10, 20); Starch (10, 10, 10), respectively in each test, as a prototype of packaging material (sheet). Likewise, the three lots were subjected to tests of tensile strength, the first was that of elongation, where the second test obtained the highest percentage, the second test to which they were subjected was to the flexion, where the third and the second trial had a higher percentage. Finally, each test was subjected to biodegradability tests under two different conditions, in water and on the ground in the open. In the aqueous medium, the second test showed greater degradation. In the terrestrial medium the greatest decomposition had the first test. In the aqueous medium, the most pronounced degradations were obtained. With the results it was possible to demonstrate that it is feasible to make a bioplastic sheet from the starch extracted from banana peel, the most promising formula being the second test composed of 15 % of starch 14 % of glycerin, 14 % of acetic acid and 57% of water, for their percentages of higher resistances.

Key words: *Starch, Biodegradability, Biopolymer, Sheet.*

¹ Profesora Investigadora de la Universidad Nacional de Itapúa E-mail: marinoesil92@gmail.com.
Recibido: 20/11/17 Aceptado 12/12/17

INTRODUCCIÓN

Los plásticos sintéticos producidos a partir de derivados de petróleo son desarrollados por la industria química desde las primeras décadas del siglo XX, teniendo un máximo impulso durante la II Guerra Mundial. Debido a su utilidad, el crecimiento de la industria del plástico ha sido muy elevado, por ser un compuesto increíblemente versátil generando avances, innovaciones y satisfacción de ininidad de necesidades, razones que convierten al mismo en un material de consumo masivo que está presente en gran cantidad de artículos de la actualidad.

La problemática generada es el uso intensivo de los polímeros sintéticos, creando residuos difíciles de manejar, primeramente, porque permanecen mucho tiempo en el medio ambiente debido a que no son degradable, esto quiere decir que, cuando se desechan, no se descomponen fácilmente como sí lo hace, por ejemplo, el papel y además son producidos por un recurso no renovable.

Hoy en día, los plásticos son responsable en gran parte de los residuos contaminantes que se acumulan en nuestro planeta, cuando se botan en la calle, puede terminar tapando alcantarillas y rejillas por donde el agua debe pasar cuando llueve, así también al llegar a ríos y océanos, puede matar animales por la ingesta del mismo.

Por ello, en esta investigación se desarrolla un prototipo de plástico biodegradable, es decir que se descompone fácilmente en el ambiente, a partir de almidón extraído de cáscara de banana la cual es considerada un desecho, siendo un recurso natural renovable con uso potencial para la industria, aun cuando su descarte no genera impactos sobre el medio ambiente ya que se descompone fácilmente, y que además puede ser utilizado en compostaje para la realización de abono verde.

Esta investigación pretende combinar el estilo de vida consumista que ha adoptado la humanidad, incentivando a la posibilidad de utilizar materiales que sean altamente degradable por ser fabricados con insumos

biodegradables que son considerados desechos, pero que resultan viables para la fabricación de nuevos materiales, generando un enfoque cultural hacia la reutilización y el reciclaje en el cotidiano vivir de las personas. El presente trabajo se llevó a cabo entre agosto de 2016 y enero de 2017.

MATERIALES Y MÉTODOS

Equipo:

- Balanza analítica de precisión
- Estufa eléctrica
- Molino para granos de uso domestico
- Refrigeradora
- Termómetro digital
- Tamiz con rejillas de 0,5 milímetros de diámetro
- Pesas de 100, 200 y 400 gramos
- Cinta métrica

Reactivos:

- Ácido acético con 5% de concentración
- Agua destilada
- Almidón de banano
- Glicerina con 85 % de concentración
- Zumo de naranja (como ácido cítrico)
- Lugol (triyoduro I3)

Para el procedimiento se trabajó con dos docenas de bananas las cuales fueron distribuidas en tres lotes de 8 unidades cada una, para posteriormente determinar su rendimiento en porcentaje. Primeramente se extrajo el almidón de las cáscaras de la siguiente manera; con ayuda de un cuchillo se realizó cortes a lo largo de las frutas, para desprender las cáscaras de las bananas que se pelaron e inmediatamente y se realizó la inmersión de las cáscaras en la solución antipardeamiento (Zumo de naranja), por un periodo de 30 minutos para evitar la oxidación de las mismas, luego se procedió al rayado de las cáscaras (el endocarpio) para extraer restos de banana, de donde se obtendrá posteriormente el almidón; a medida que se obtuvieron las tiras de restos de banana de las cáscaras, se colocaron en una fuente que fue llevada a la estufa a 30 grados por 15 minutos, para ser deshidratadas.

Una vez deshidratadas las tiras se trituraron para obtener una especie de polvillo, que

se tamizó para lograr una granulometría homogénea. Para verificar el compuesto extraído, se procedió a identificar el almidón mediante la prueba de Lugol, el cual reaccionó con la amilasa dando una coloración azul que corresponde a un resultado positivo.

Una vez obtenido e identificado el almidón, se determinó su rendimiento de la siguiente forma, las 24 bananas utilizadas fueron distribuidas en tres lotes (A, B, C) con 8 unidades cada una y pesadas para obtener los gramos de banana verde utilizados, como así también se pesaron los gramos de cascaras de bananas obtenidas y los gramos de almidón extraído de cada lote, para definir el porcentaje total de extracción.

Para la plastificación del polímero se realizó tres ensayos con proporciones diferentes de ingredientes; en el primer ensayo se utilizó 10 gr de almidón, 30 ml de agua, 10 ml de vinagre como ácido acético y 30 gr de glicerina; **en el segundo ensayo se utilizó, 10 gr de almidón, 40 ml de agua, 10 ml de vinagre como ácido acético y 10 gr de glicerina** y en el tercer ensayo se utilizó 10 gr de almidón, 40 ml de agua, 20 ml de vinagre como ácido acético y 10 gr de glicerina. En cada ensayo se colocaron los respectivos ingredientes en una cacerola que fue llevada a fuego lento entre 70-80°C hasta lograr una mezcla espesa y homogénea.

Para obtener la lámina de bioplástico, la mezcla mucilaginoso de cada ensayo se extendió sobre una superficie metálica, estirada con un rodillo de vidrio hasta tener un espesor de aproximadamente un milímetro.

Las láminas fueron sometidas a pruebas de resistencia a la tracción. Para evaluar la elongación, se colocó cada muestra en un soporte, adicionando luego varias pesas a las muestras para medir posteriormente la longitud de desplazamiento, estimado luego el porcentaje de elongación con la siguiente fórmula: % de elongación = [(longitud final – longitud inicial) / longitud inicial] x 100. La segunda prueba fue la de Flexión, para lo cual se colocó cada muestra en dos soportes separados entre sí, con varias pesas en el centro de las muestras hasta que las fibras

exteriores se fragmentaran o rompieran, y se midió que distancia de desplazamiento de cada muestra.

Finalmente se sometieron las muestras de cada ensayo a dos pruebas de biodegradabilidad, en la intemperie y en agua. Dichas pruebas se realizaron a temperatura ambiente. Para la prueba de la degradación en la intemperie, se pesaron las muestras en una balanza analítica, y posteriormente se colocaron en recipientes sin tapa al aire libre, por un período de 30 días, transcurrido ese tiempo se pesaron nuevamente las muestras. Para la prueba de la degradación en agua se pesaron las muestras y posteriormente se colocaron en recipientes apropiados con agua hasta superar la superficie de las muestras, los cuales se taparon y dejaron en reposo por 30 días, transcurrido ese tiempo se pesaron nuevamente las muestras. Para estimar la degradabilidad en ambos medios se utilizó la siguiente fórmula $100 - [(peso\ final/peso\ inicial) * 100]$.

RESULTADOS

El análisis experimental permitió llegar a los siguientes resultados, los cuales se expresan sucintamente, teniendo en cuenta los criterios para la redacción del presente artículo:

- Se obtuvo un rendimiento del 40 % de almidón extraído del total de las cáscaras de bananas utilizadas.
- La identificación del almidón, mediante la prueba de Lugol que reaccionó con la amilasa dando una coloración azul, corresponde a un resultado positivo.
- La evaluación de las propiedades de resistencia a la tracción del prototipo elaborado, tales como elongación y flexión en los tres ensayos realizados, se comprobó que el segundo presenta la más elevada resistencia, evidenciándose en las siguientes tablas:

Tabla 1
Prueba de Elongación

Elongación	Peso (gr)	Long Inicial (cm)	Long Final (cm)	Porcentaje	Promedio
Ensayo 1	100	7,5	7,85	4,67%	10,90%
	200	7,5	8,2	9,33%	
	400	7,5	8,9	18,67%	
Ensayo 2	100	10	12,57	26%	43,66%
	200	10	15,15	52%	
	400	10	15,3	53%	
Ensayo 3	100	10	11,1	11%	25,67%
	200	10	12,2	22%	
	400	10	14,4	44%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2
Prueba de Flexión

Flexión	Peso (gr)	Long. de desplazamiento (cm)	Promedio
Ensayo 1	100	0,25	0,43
	200	0,47	
	400	0,58	
Ensayo 2	100	0,51	0,63
	200	0,63	
	400	0,74	
Ensayo 3	100	0,53	0,64
	200	0,64	
	400	0,76	

Fuente: Elaboración propia

- Las láminas obtenidas en los tres ensayos dieron una degradación favorable en ambos medios (acuoso y terrestre), siendo la más elevada la del segundo ensayo en el medio acuoso, como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 3
Biodegradación en Agua

Biodegradabilidad en Agua			
Periodo: 30 días			
Muestras	Degradación por semana	Promedio %	
M 1 peso inicial 110 gr	1 semana	97,2 gr	34,45%
	2 semana	91,5 gr	
	3 semana	84,7 gr	
	4 semana	72,1 gr	
M 2 peso inicial 162 gr	1 semana	136,2 gr	62,03%
	2 semana	98,2 gr	
	3 semana	78,6 gr	
	4 semana	61,5 gr	
M 3 peso inicial 123gr	1 semana	95,8 gr	44,39%
	2 semana	87,4 gr	
	3 semana	76,2 gr	
	4 semana	68,4 gr	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4
Biodegradación en la Intemperie (Suelo)

Biodegradabilidad en la Intemperie (Suelo)			
Periodo: 30 días			
Muestras	Degradación por semana	Promedio %	
M 1 peso inicial 153 gr	1 semana	142,8 gr	15,35%
	2 semana	138,2 gr	
	3 semana	133,4 gr	
	4 semana	129,5 gr	
M 2 peso inicial 164 gr	1 semana	157,3 gr	11,09%
	2 semana	151,6 gr	
	3 semana	148,4 gr	
	4 semana	145,8 gr	
M 3 peso inicial 131gr	1 semana	119,6 gr	15,11%
	2 semana	117,3 gr	
	3 semana	115,5 gr	
	4 semana	111,2 gr	

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados reflejados en esta investigación se demuestra que la fórmula más promisoría para la elaboración de una lámina de bioplástico a partir del almidón extraído de la cáscara de banana verde, está compuesta por, un 15 % de almidón, 14% de glicerina, 14% de ácido acético y 57% de agua. En este material se obtuvieron los porcentajes de elongación y flexión más elevados, debido a que la glicerina cumple la función de plastificante y el ácido acético como fijador de las nucleoproteínas que si son adheridas en proporciones elevada se obtiene un material inelástico. Así también presenta una alta degradabilidad tanto en medio acuoso como en la intemperie en suelo, siendo mayor en el medio acuoso.

Por este medio se pretende exponer a la población en general, la posibilidad de fabricar un producto versátil y biodegradable utilizando insumo que se descomponen fácilmente en el medio ambiente y a su vez son considerados desechos, pero que resultan viables para la fabricación de nuevos materiales.

BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo N. K (1996) Elaboración de plásticos biodegradables a partir de polisacáridos y su estudio de biodegradación a nivel Laboratorio y campo. Tesis Doctoral Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Asha, V. & R. Bartha. (1994). Methods for assessment of biodegradability of plastic in soil *Appl Environ. Microbiol.* 60(10), 3608-3614.
- Auenza, P., Schollmeyer, J. & R. P. Robrbach. 1990. Interaction of microbial enzymes with degradable components of plastics. En: "Com Utilization Conference Proceedings", (pp. 1-4).
- Ayaz, F. A. et al. (2008). Characterization of polyphenoloxidase (PPO) and total phenolic contents in medlar (*Mespilus germanica* L.) fruit during ripening and over ripening. *Food Chemistry*, (106), 291-298.
- Barrón, U. E. (1989). *Polímeros, Estructura, Propiedades y Aplicaciones*. (Ed.) Limusa, Noriega S.A. de C.V México, DF. (pp. 9-12).
- Beltrán, M., & Gómez, A. (2012). *Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades*. Universidad de Alicante. España. (pp.79).
- Billmeyer, Fred. (1975). *Ciencia de los polímeros*. Editorial Reverté. España. (pp. 504).
- Breslin, V.T. (1993). Degradation of starch-plastics composites in a municipal solid waste landfill. *J. Environ. Polym Degr*, 1(2),127-141.
- Breslin, V.T., & Boen Li. (1993). Weathering of Starch/Polyethylene Composite Films in the Marine Environment, *Journal of Applied. Polymer Science*, (48), 2063-2079.
- Cadena, F. & Quiroz, F. (2000). *Manual de Reciclaje de Plásticos*. Corporación OIKOS.
- Corti, A., Vallini, G., Pera, A., Ciono, F., Solaro, R. & E. ChieQinL. (1991). Composting microbial ecosystem for testing the biodegradability of starch-filled polyethylene films. En: *Biodegradable Polymers and Plastics*. M- Vert (ed.). Royal Society of Chemistry. Great Britain, (pp. 245-248).
- Degli-Innocenti F. (2000). Environmental impact of biobased materials: Biodegradability and Compostability. *Biobased Packaging Material for de Food Industry*, Weber J.C. Ed. European Concerted Action.
- Gordon, S.H., Imam, S.H., Sharren, R.L., Govind, N.S., & Greene R.V. (2000) A semiempirical model for predicting biodegradation profiles of individual polymers in starch-poly (phidroxibutyrate-co-P-hidroxivalerate) bioplastic. *Journal of Polymers Science*, 7(6), 1767-1776.
- Gould, M. J., S.ff. Gordon, L.B. Detter & C.L. Swanson. (1990). Cap. 7: Biodegradation of Starch-Containing Plastics. En: *Agricultural and Synthetic Polymers: Biodegradability and Utilization*. ACS Symposium Series No. 433. J. Eduard Glass and Graham Seift (eds). (pp.65-75).
- Greizersteins, H.B., J A Syracuse y P J. Kostyniak. (1993). Degradation of starch modified polyethylene bags in a compost field study. *Polymer Degradation and stability*, (39), 251-259.
- Iannatti, E., Fair, N., Tempests, M., Neibiling, H. Hsieh, F. t t, & R. Mueller. (1990). Environmental degradation of conventional and starch-based plastics with and without pro oxidant addition. En: *Com Utilization Conference m Proceeding*. National Com Growers Association, (eds). St. Louis, MO. (pp. 1-4).
- Imam, S.H., S.H. Gordon, A. Burgess-Cassler & R.V. Greene. (1995). Accessibility of starch to enzymatic degradation in injection-molded starch-plastic composites. *J. Environ. Polym Degrad*, 3(2), 107-113.
- Johnson, K.E., Pometto IH, A.L. & Z.L. Nikolov. (1993). Degradation of degradable starch-polyethylene plastic in a compost environment. *Appl Environ. Microbiol* 59 (4), 1155-1161.
- Kumar, A. & Gupta Rakesh, K. (2003). *Fundamentals of Polymers Engineering* (2 do ed.). Marcel Deker.
- Lee, B., Pemeto, A.L., Fratzke, A. & T.B. Bailey J r. (1991). Biodegradation of degradable

plastic polyethylene by *Phanerochaete* and *Streptomyces* species. *Appl Environ. Microbiol* 57 (3), 678-685.

- Leonas, K.J.C. & R.W. Görden. (1993). An accelerated laboratory study evaluating the desintegration rates of plastic films in simulated aquatic environments, *J. Environ. Polym. Degr*, (1) 45-51.
- López F.C. (2014). *Fundamentos de Polímeros*. ResearchGate, (1), 1-2.dio: 10.13140/RG.2.1.2573.0000
- Maddever, W J. y P.D. Campbell. (1990). Current status of starch based degradable plastics. En: "Corn Utilization Conference HI Proceedings National Corn Growers Association", (eds). St. Louis, MO. (pp. 1-23).
- Meneses, J., Corrales, C. M., & Valencia M. Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *Escuela de Ingeniería de Antioquia. Revista EIA*, N. 8 diciembre, 2007. ISSN 1794-1237.
- Otey, F.H., WesthofT, R.P. & C.J.L Russell. (1977). Biodegradable films from starch and ethylene-acrylic acid copolymer. *I& EC Pro doc Research & Development*, (16), 305.
- Otey, F.H. y W.M. Doane. 1987. Starch-based degradable plastic fil™ Proceedings of symposium on degradable plastics. The Society of the Plastics Industry [Inc]. Washington, D C. (pp. 39-40).
- Ottendri, M.R., Richmond, A.C., & Scott G. A. (1992). Consensus on definition and Nomenclature. *Biodegradable polymers and plastics*. Vert M.J. Feinjen, Albertsson. G, Scott G, and E. Chiellini Ed. Redwood press Ltd, Melksham Wiltshire.
- Richardson & Lokensgard. (2002). "Industria del plástico". Ed. Paraninfo. Madrid. (pp.7-8)
- Sbogren, R.L. (1992). Effect of moisture content on the melting and subsequent physical aging of cornstarch. *Carbohydr. Polym*, (19), 83-90.
- Schmid, S.R. et al. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. (4ª Edición). Editorial Pearson Educación.
- Seymour, R. & Carraher, C. (2002). *Introducción a la Química de Polímeros*. Editorial Reverté: Nueva York.