

OBTENCIÓN DE UNA PELÍCULA BIOPOLÍMERO A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA (*Solanum tuberosum*)

Oscar J. Cardona, ocardona_2@hotmail.com, Johanna M. Orozco johannamaria_92@hotmail.com, Anasofía M. Tejada a.tejedatager@gmail.com, Luisa F. Vásquez wicha_vas@hotmail.com.
Graduados de Ingeniería Química Industrial e Ingeniería Química de la Universidad Rafael Landívar de Guatemala.

RESUMEN

Se estudiaron las condiciones necesarias para elaborar una película de biopolímero de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) a nivel laboratorio. Se evaluaron las propiedades químicas y físico mecánicas del biopolímero preparado a partir de tres formulaciones con un contenido de 25%, 18% y 12% de almidón de papa (*Solanum tuberosum*). Se midió el porcentaje de biodegradabilidad en un lapso de 62 días para establecer si dicho producto se considera biodegradable y compostable según la norma

ISO 14855 y ASTM D6400. De las 3 formulaciones, se obtuvo una variación en el grosor de 0.255 mm a 0.334 mm, 4.90×10^5 N/m² a 9.80×10^5 N/m² en su elasticidad y 69.93% a 71.73% en su porcentaje de biodegradabilidad. Se determinó que la formulación con 12% de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) presenta las características adecuadas para su aplicación en la industria de envases.

Palabras clave: Bioplástico, Biodegradabilidad, Compostabilidad.

ABSTRACT

In this study, we examine how the detrimental impacts of traditional plastics on the environment can be reduced through the development of thin film biopolymers. We formulated three biopolymer prototypes using potato starch (*Solanum tuberosum*) as the main polymeric base, ranging from 12-25% starch content, and tested several mechanical and physiochemical properties. We also measured the biodegradability percentage over a period of 62 days, to establish whether the polymer is considered a biopolymer under

statute ISO 14855 and ASTM D6400. From the three biopolymers tested, we found that the polymers varied in thickness from 0.255mm to 0.3340mm, had an elasticity ranging from 5Kg/cm² to 10Kg/cm², and had a biodegradability percentage ranging from 69.93% to 71.73%. Among the three prototypes evaluated, we determined that prototype C (12% starch) best met the necessary characteristics for applications in the bottling industry as an alternative to current plastics.

Keywords: Bioplastic, Biodegradability, Compostability.

INTRODUCCIÓN

El plástico, conocido como el material del siglo XXI, se ha industrializado globalmente de forma masiva. Los plásticos se usan en envases hasta en infraestructuras. Este material tarda más de 100 años en degradarse, lo que provoca la acumulación de desechos sólidos en la naturaleza, incrementando la contaminación ambiental del Planeta Tierra.

Debido a la gran cantidad de producción de plásticos, surge la necesidad de proponer un sustituto de dicho material para ciertas aplicaciones. Para darle solución a este problema, nace la síntesis de bioplásticos. Éstos, son biodegradables, debido a que son

elaborados en base a materias primas derivadas de plantas y bacterias. Además, se les atribuye una propiedad de compostaje, ya que se descomponen biológicamente por la

acción de microorganismos, volviendo a la tierra en forma de productos simples reutilizables para los seres vivos. Se optó por utilizar el almidón de papa (*Solanum tuberosum*) como biopolímero de la película a obtener a nivel laboratorio.

El almidón, está compuesto por dos polisacáridos, amilosa y amilopectina. Esta macromolécula posee propiedades

beneficiosas para la estructura adecuada del biopolímero. Se trata de su resistencia mecánica y flexibilidad. La tecnología de los biopolímeros se basa en la degradación de dicho material a través de microorganismos. Estudios demuestran que la degradación de los bioplásticos tarda aproximadamente entre 3 a 12 meses, obteniendo residuos de dióxido de carbono, agua y biomasa.

METODOLOGÍA

De acuerdo a (Arana, 2014), para la formulación de la película de biopolímero se realizaron tres prototipos diferentes para determinar la formulación adecuada para obtener una película de biopolímero a partir de almidón de papa (*Solanum tuberosum*), se realizó cada formulación para obtener 0.5 Kg de mezcla. La formulación A corresponde al 25% (130g) de almidón de papa (*Solanum tuberosum*), 60% (300 ml) de agua, (7%) 33 ml de ácido acético y 8% (32 ml) de glicerina. La formulación B corresponde al 18% (90g) de almidón de papa (*Solanum tuberosum*), 67% (340 ml) de agua, 7% (33 ml) de ácido acético y 8% (32 ml) de glicerina. La formulación C corresponde al 12% (60g) de almidón de papa (*Solanum tuberosum*), 72% (360 ml) de agua, 9% (43 ml) de ácido acético y 7% (28 ml) de glicerina.

Para la medición del grado de biodegradabilidad, se utilizó un equipo de

biodegradación, en donde se prepararon distintas muestras con compost y agua: papel 80 gramos, bolsa de plástico, formulación A, formulación B, formulación C. A cada reactor (recipiente de vidrio), se le conectó una manguera que permitió el paso del CO₂ al recipiente con la solución de NaOH 1M. Luego por medio de una titulación se valoró la muestra con HCl 0.05M y fenolftaleína para determinar la cantidad de ml consumidos y por medio de una estequiometría determinar la cantidad de CO₂ que reaccionó.

Para las pruebas fisicomecánicas se determinó la carga que cada una de las películas de biopolímero soporta antes de su ruptura. Debido a que las películas no soportaron una carga grande, se realizaron las pruebas a nivel laboratorio, usando el laboratorio de física de la Universidad Rafael Landívar. El área utilizada para cada película fue de 8 cm de largo por 2 cm de ancho. Se determinó la carga soportada mediante un dinamómetro.

RESULTADOS

Tabla 1 Grosor promedio de las películas de biopolímero¹.

Formulación	Formulación A 25%	Formulación B 18%	Formulación C 12%
Grosor (mm)	0.3340	0.2824	0.255

¹ De mediciones realizadas

Tabla 2 Esfuerzo².

Formulación %	Esfuerzo (N/m ²)	Desviación estándar ± (N/m ²)
25	2 450	614
18	3 680	615
12	4 910	616

Tabla 3 Deformación³.

Formulación %	Deformación (cm ² /cm)	Desviación estándar ± (cm ² /cm)
25	5.00x10 ⁻³	3.00x10 ⁻³
18	5.00x10 ⁻³	3.00x10 ⁻³
12	5.00x10 ⁻³	3.00x10 ⁻³

Tabla 4 Elasticidad, Módulo de Young⁴.

Formulación %	Elasticidad (N/m ²)	Desviación estándar ± (N/m ²)
25	4.90x10 ⁵	1.53x10 ⁵
18	7.35x10 ⁵	2.04x10 ⁵
12	9.80x10 ⁵	2.60x10 ⁵

Tabla 5 Observaciones cualitativas de la degradación del prototipo con la formulación A.

<i>Formulación A (25% de almidón)</i>		
Tiempo después de la elaboración del prototipo	Observaciones	Imagen

² De mediciones realizadas

³ De mediciones realizadas

⁴ De mediciones realizadas






24 horas	Se observa una película que no es uniforme, quebrada, color blanco y con un olor característico al ácido acético.	
15 días	Se observa una película sólida, no porosa, no elástica, quebradiza, de color blanca, lisa.	
29 días	La película se quebró en un gran porcentaje en partes más pequeñas. Tiene un aspecto parecido al de un cascarón de huevo. Se observa una degradación del 25%.	
43 días	Los pedazos de la película son más pequeños que los observados hace 15 días. El color sigue siendo blanco, tiene una consistencia dura pero frágil, al tocarla se rompe.	
49 días	Las piezas tienen mayor distancia de separación entre sí, así mismo que son de menor tamaño. Se observa una degradación de la película del 75%.	

Tabla 6 Observaciones cualitativas de la degradación del prototipo con la formulación B.

Formulación B (18 % de almidón)		
Tiempo después de la	Observaciones	Imagen



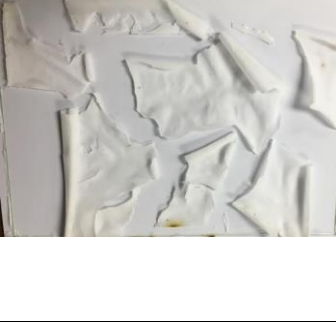

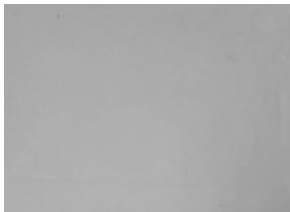




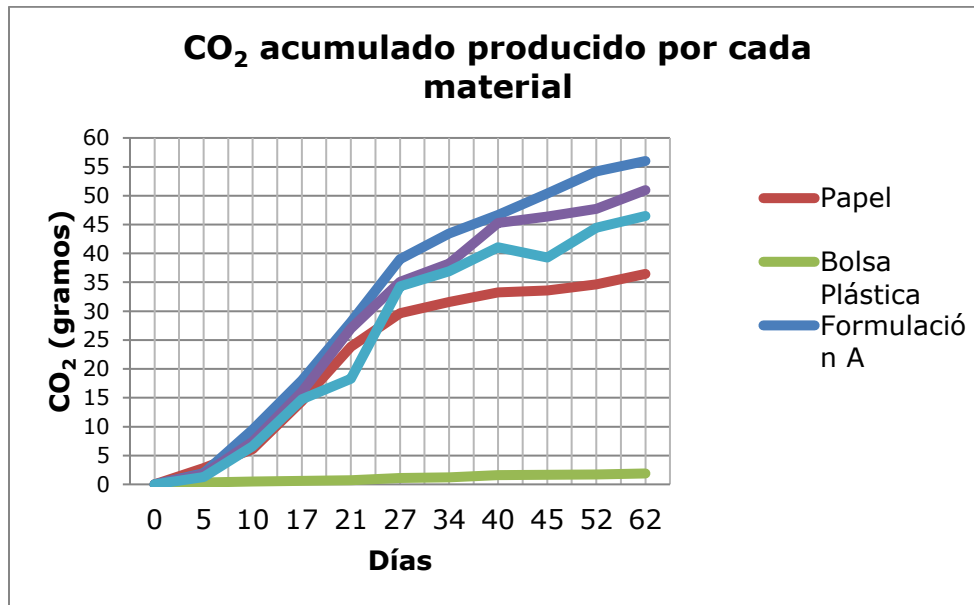
elaboración del prototipo		
24 horas	Se observa una película más uniforme que el prototipo con la formulación A. Al secarse se agrietó en ciertas partes de la película, es más translúcida que la primera formulación.	
15 días	Se observa una película algo translúcida, con olor característico al ácido acético. Elástica, pero al estirla mucho, se rompe. Se está empezando a romper.	
29 días	Aunque no se observa una degradación específica, después de 15 días la película está dividida en distintos pedazos más pequeños.	
43 días	Se observa una degradación del 30%, los pedazos cada vez son más pequeños, aun así, continúan con sus características iniciales de elasticidad, color y olor.	
49 días	Los pedazos son más pequeños que los que se tenía en la última observación, cada vez se contraen más los pedazos haciéndose más pequeños.	

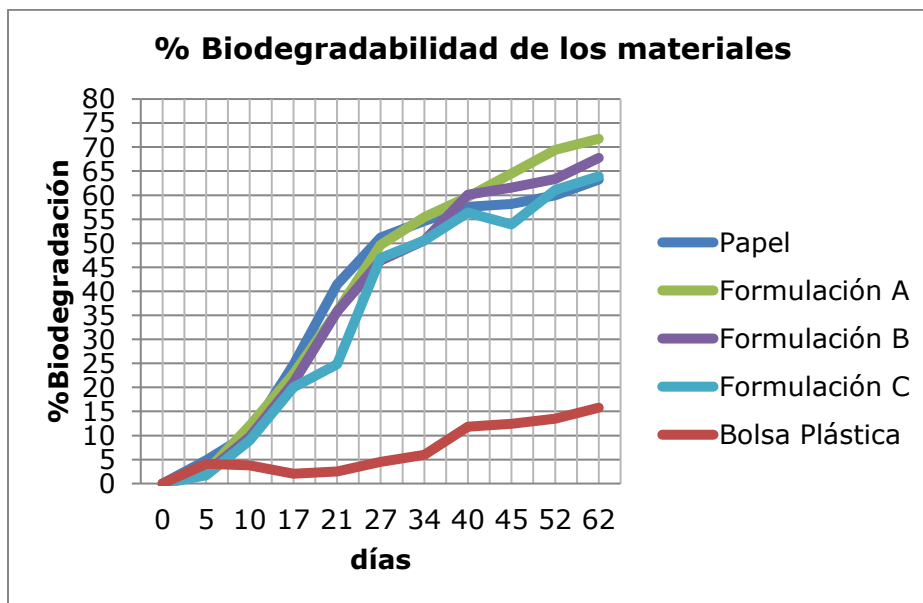
Tabla 7 Observaciones cualitativas de la degradación del prototipo con la formulación C.

Formulación C (12% de almidón)		
Tiempo después de la elaboración del prototipo	Observaciones	Imagen
24 horas	Se observa uniformidad total en la película. Es de color blanco pero traslúcido, tiene una textura suave y moldeable.	
15 días	Se observa una biopelícula todavía algo uniforme, ya que al principio se tenía una película lisa y no contraída. Tiene un olor fuerte a ácido acético.	
29 días	La película se agrietó y se desintegró en pedazos grandes. Las propiedades iniciales siguen siendo las mismas.	
43 días	Se observan pedazos más pequeños que hace 15 días. Pero el material se ve cada vez más contraído. Es un material elástico, frío, además se observa que es una película porosa con capas.	
49 días	Se desintegró la película en pedazos más pequeños. Se observa una degradación de aproximadamente un 35%. Las propiedades de los pedazos siguen siendo los mismos que las que tenía la película al inicio.	

Gráfica 1 Gramos de CO₂ acumulado durante los 62 días⁵.



Gráfica 2 Porcentaje de biodegradación de cada material respecto a las muestras⁶.



⁵ De mediciones realizadas

⁶ De mediciones realizadas

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la investigación se evaluaron tres prototipos de biopolímero preparados con diferentes formulaciones variando el contenido de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) en las mismas, el objetivo era determinar la formulación que proporcione una película de biopolímero con las mejores propiedades físico-mecánicas y fisicoquímicas.

Se utilizó almidón como biopolímero debido a sus propiedades de resistencia mecánica y flexibilidad. El almidón está formado de macromoléculas, amilosa y amilopectina. Estos polisacáridos son insolubles en agua fría, pero en agua caliente logran disolverse al romper sus enlaces químicos, mediante un proceso irreversible conocido como gelatinización. Se utilizó también ácido acético para hidrolizar parcialmente el almidón en medio ácido y a temperatura elevada. La glicerina se utilizó como plastificante, ya que logra aumentar el volumen libre entre las cadenas de amilosa y amilopectina liberadas después de la hidrolización, con un propósito de reducir las interacciones entre ambos polisacáridos, favoreciendo el movimiento de una respecto a la otra. La molécula de amilosa tiene ramificaciones α - D-(1,6) que se encuentran distanciadas, las cuales permiten que la molécula pueda actuar en contacto con el

ácido y posteriormente con la glicerina para formar una película de biopolímero lineal. La formación de cadenas de las fibras tiene una configuración de hélice, por lo que las películas con mayor porcentaje de amilosa son más elásticas.⁷

Después de 24 horas de haberse secado cada prototipo, se observó que la formulación A presentaba características muy distintas a las formulaciones B y C. Ya que la formulación A era quebradiza, carecía de flexibilidad y no era traslúcida como las otras dos. En cambio, la formulación B y C, mostraron más

elasticidad que la formulación A, además de uniformidad en el prototipo. La formulación C, se observó completamente uniforme, sin grietas, con una superficie lisa. Este comportamiento se puede atribuir a la diferencia de porcentaje de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) en cada formulación, ya que una propiedad del almidón es la semicristalinidad a causa de la presencia de amilopectina, el cual es un componente clave en la cristalización. Por lo que la formulación A, al contener el porcentaje más elevado de biopolímero (25%), se caracterizó por su rigidez, debido a que no se logró romper su cristalinidad completamente para la formulación de gel. Por otra parte, la formulación B con un 18% de biopolímero, presenta una película flexible, pero con grietas. En cambio, la formulación C (12% almidón) presentó mejor cristalinidad debido a la menor cantidad de almidón, se mantuvo mayor tiempo en la estufa para llegar a la consistencia deseada. Así mismo se utilizó un mayor porcentaje de agua 9%, lo cual ayudó a que las moléculas de almidón se dilataran y perdieran la propiedad cristalina formando gel, aportando una mayor flexibilidad y resistencia al prototipo.

Para la evaluación del efecto del porcentaje de almidón de papa en cada prototipo, se determinó la elasticidad de cada una de ellas. Ya que, para determinar este valor, es necesario encontrar el esfuerzo y la deformación. En las tablas 2,3,4 se observa que la formulación con 12% de almidón de papa en su formulación presenta una mayor flexibilidad y resistencia a la tracción, con una elasticidad de $9.80 \times 10^5 \pm 2.60 \times 10^5 \text{ N/m}^2$.

Uno de los principales propósitos del proyecto, era obtener una película de biopolímero a partir de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) a nivel laboratorio, esto, con la finalidad de encontrar un sustituto ya sea parcial o total del plástico convencional para la fabricación de envases biodegradables. Por lo que se buscó elaborar un polímero que pudiese desintegrarse a una mayor velocidad que la de los plásticos. Se optó entonces a formular distintas películas de biopolímero y evaluar su grado de

⁷ García Quiñonez, Alma Verónica. (2015). Obtención de un polímero biodegradable. El Salvador.

biodegradabilidad en base a las normas ISO-14855 y ASTM D6400.

Se armó un equipo de biodegradación, en donde ocurre una absorción completa en una solución básica, en donde se da una reacción entre el dióxido de carbono libre del agua y el hidróxido de sodio para formarse el precipitado, bicarbonato de sodio y por medio de una estequiometría determinar la cantidad de CO₂ que reaccionó.

Luego se determinó la cantidad de dióxido de carbono acumulado que se muestra en la gráfica 1, en donde se observó que la formulación A tuvo el mayor valor de CO₂ producido. Esto se debe a que su porcentaje de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) (25%), es más elevado que las otras dos formulaciones (18% y 12%), por lo que la

cantidad de materia orgánica en la muestra es mayor, favoreciendo así a la biodegradación. Cabe mencionar que el almidón proporciona una gran cantidad de energía, por lo que facilita el proceso microbiológico de compostaje. Por lo que el porcentaje de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) es clave para la biodegradación del biopolímero, ya que proporciona mejores nutrientes y condiciones para su desintegración. La gráfica 2, muestra la relación directamente proporcional que se tiene con la cantidad de gramos de CO₂ producidos y la biodegradabilidad, ya que mientras mayor es la cantidad de CO₂ que reaccionó, menor porcentaje de masa tendrá la muestra, indicando una mayor biodesintegración.

CONCLUSIONES

1. La formulación (12% almidón de papa (*Solanum tuberosum*)) presenta las características adecuadas para una aplicación de envase en la industria.
2. Las tres formulaciones tienen un potencial de considerarse biodegradables y compostables.
3. La formulación (25% almidón de papa (*Solanum tuberosum*)) se degradó en un mayor porcentaje (71.73%) debido al mayor porcentaje de materia orgánica.

Bibliografía

- Allinger, C. D. (1971). *Química Orgánica* (2ª edición ed.). Barcelona, España: Reverté.
- Arana, N. B. (2014). *Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de un bioplástico elaborado con harina de yuca gelatinizada*. Universidad de San Buenaventura Cali, Colombia.
- B.Saymour, R. (1995). *Introducción a la química de los polímeros*. Barcelona, España: Reverté.
- Fred W.Billmeyer, J. (2004). *Ciencia de los Polímeros*. Barcelona, España: Reverté.
- Peña, A. G. (2004). *Bioquímica* (2ª ed.). México D.F, México: LIMUSA.
- Pineda, M. S. (2003). *Proceso de elaboración de alimentos y bebidas* (1ra ed.). Madrid, España : AMV.
- Ruiz, H. V. (2009). *Elaboración de polímeros biodegradables polietileno-almidón y estudio de biodegradabilidad*. Tesis para obtención del título de maestro de tecnología avanzada, Centro de investigación de ciencia aplicada y tecnología avanzada , Mexico.
- Textos Científicos*. (s.f.). Recuperado el 27 de Junio de 2016, de Procesos de

fabricación de polímeros sintéticos:
<http://www.textoscientificos.com/polimeros/fabricacion-polimeros-sinteticos>

Ulloa, M. J. (2012). *Desarrollo de biopolímeros a partir de almidón de corteza de yuca.*

Tesis de grado de licenciatura,
Universidad Técnica Particular de
Loja, Ecuador.