

“Plastástico, una alternativa biodegradable de plástico”

Clave de registro del proyecto: CIN2018A10044

Instituto Cultural Copán

Autores:

Camacho González Romel

Chirino De La Peña Gerardo

Linas Rodríguez Juan Camilo

Rivera Barrero Susana

Asesores:

Pérez Feria Martha Alicia

Velasco Rojas Edgar

Área: Ciencias Biológicas, Químicas y de la Salud.

Disciplina: Medio ambiente Química

Tipo de investigación: Experimental

Naucalpan de Juárez 13 de febrero del 2018

ÍNDICE TEMÁTICO

Págs.

I.	Resumen Ejecutivo	3
II.	Introducción	5
III.	Fundamentación teórica	6
IV.	Metodología	14
V.	Resultados y análisis	16
VI.	Conclusiones	16
VII.	Aparato crítico (Bibliografías)	17
VIII.	Anexo 1	18

I. Resumen Ejecutivo

Actualmente se está impulsando el uso de bioplásticos, es decir, polímeros naturales obtenidos a partir de residuos agrícolas como la celulosa o almidón. Estos polímeros se caracterizan por ser 100% degradables, presentan resistencia y versatilidad, siendo así pueden suplir la utilización de bolsas plásticas en el hogar, coadyuvando en la reducción de residuos contaminantes, los cuales se acumulan en el ambiente a gran velocidad. Una de las principales ventajas que presentan dichas películas es que son amigables con el medio ambiente por ser susceptibles de biodegradación.

La materia está formada por partículas que pueden ser de tamaño normal o moléculas gigantes, también llamadas polímeros, los cuales surgen de la unión de miles de moléculas pequeñas llamadas monómeros que forman grandes cadenas. Existen polímeros naturales altamente utilizados como el algodón, formado por la celulosa; la seda que es una poliamida; la lana, proteína del pelo de las ovejas y el hule.

En nuestra investigación se utilizará almidón extraído de las cáscaras de plátano y mango, para obtener una película bioplástica, se ha de aclarar que las cáscaras son obtenidas de residuos orgánicos domésticos, lo que nos permitirá disminuir el consumo de energía, emisión de gases y contaminantes.

Se realizaron 9 muestras utilizando diferentes concentraciones de cáscara de mango y plátano, ácido acético y glicerol. A las películas obtenidas se les determinó textura y biodegradación en el suelo.

Las películas fueron preparadas con almidón 64% (50% cáscara de plátano fresco y 50% cáscara de mango deshidratado), 13% ácido acético, 13% glicerol y 10% agua.

Las muestras fueron almacenadas en una estufa a 30°C durante 20 días. Entre las características que se encontraron fue una tonalidad oscura de la película, que se corrigió al agregar hipoclorito de Sodio (NaOCl) en las muestras provocando la

oxidación parcial del almidón hasta grupos carbonilo, obteniendo muestras con mayor transparencia.

Executive Summary

Nowadays the use of bioplastics is being driven, this means, natural polymers obtained from agricultural residuals such as cellulose or starch. These polymers have the characteristic of being 100% degradable; they present resistance and versatility, in order to supply the use of plastic bags in homes, helping the reduction of pollutant waste, which accumulates in the environment fast. One of the main advantages that these plastics present is that: they are environment-friendly and that they are susceptible to suffer biodegradation.

Matter is formed by particles than can have a normal size or giant molecules, also called polymers, which come from the union of thousands of small molecules named monomers that form big chains. There are natural polymers that are very used such as cotton that comes from cellulose; silk which is a polyamide; wool, a protein from sheep's fur and rubber.

The present work will use starch from banana and mango peel, which is a polysaccharide, resulting from the union of glucose molecules forming large chains.

Using as raw material fruit waste, reducing the consumption of energy, issue of gases and polluting waste.

Nine samples were made, using different concentrations of mango and banana peel, acetic acid and glycerol. Plastic obtained was evaluated in texture and biodegradation in the soil.

The plastics were prepared with starch 64% (50% fresh banana peel y 50% dehydrated mango), 13% acetic acid, 13% glycerol and 10% water.

The samples were kept in a stove at 30°C for 20 days.

Sodium hypochlorite (NaOCl) was used, which provoked the partial oxidation of starch up to carbonyl groups that presents more whiteness.

II. Introducción

Los bioplásticos provenientes de productos renovables son una medida de reducción al problema de desechos plásticos contaminantes, ya que utilizan materiales biodegradables que no afectan al ambiente.

Al año se consumen más de 200 millones de toneladas de plástico en el planeta.

El plástico es la tercera principal aplicación del petróleo que, además de ser un producto no renovable, es contaminante y no biodegradable (puede tardar hasta 1,000 años en descomponerse). Además estos residuos son responsables de la muerte de especies marinas y aves que las ingieren y suponen un problema grave para el medio ambiente.

Como alternativa se está impulsando el uso de los bioplásticos, que consisten en conseguir polímeros naturales a partir de residuos agrícolas, celulosa o almidón. Son 100% degradables, igual que resistentes y versátiles. Entre sus ventajas se encuentran que:

- a) Reducen la huella de Carbono.
- b) Incrementa el ahorro energético en cuanto a su proceso de producción.
- c) Evita el uso de materia prima no renovable.
- d) No modifican el sabor de los alimentos que se conservan dentro de ellos, entre otros.

En el hogar el plástico es utilizado en forma de bolsas de distintos tamaños, de forma cotidiana y desmedida. Es por ello que surge la preocupación de encontrar un sustituto de fácil degradación que cumpla con los estándares requeridos.

Objetivo:

Elaborar una película plástica biodegradable, a partir de la cáscara de plátano y mango, para la fabricación de bolsas de uso en el hogar.

III. Fundamentación Teórica

Se intenta dar respuesta a una problemática en el ámbito ambiental del uso desmedido de bolsas de plástico en el hogar.

Hipótesis:

Si encontramos las proporciones exactas de los distintos componentes del polímero, entonces obtendremos un bioplástico resistente, elástico y con degradación máxima de tres meses.

Justificación

En la actualidad se está impulsando el uso de bioplásticos, es decir, polímeros naturales obtenidos a partir de residuos agrícolas como la celulosa o almidón. Dichos polímeros se caracterizan por ser 100% degradables, presentan resistencia y versatilidad, pudiendo suplir la utilización de bolsas plásticas en el hogar, coadyuvando en la reducción de residuos contaminantes.

La materia está formada por partículas que pueden ser de tamaño normal o moléculas gigantes, también llamadas polímeros, los cuales surgen de la unión de miles de moléculas pequeñas llamadas monómeros que forman grandes cadenas. Existen polímeros naturales altamente utilizados como el algodón, formado por la celulosa; la seda que es una poliamida; la lana, proteína del pelo de las ovejas y el hule.

El presente trabajo utilizará el almidón de la cáscara de plátano y mango, que es un polisacárido, resultado de unir moléculas de glucosa formando largas cadenas.

Utilizando como materia prima residuos de frutas, reduciendo el consumo de energía, emisión de gases y contaminantes.

Sustento teórico

El almidón es el principal polisacárido de reserva en los vegetales, y una de las fuentes de calorías del ser humano. Es importante como constituyente de los alimentos en los que está presente, tanto desde el punto de vista nutricional como tecnológico. Gran parte de las propiedades de la harina de los productos de panadería y repostería pueden explicarse conociendo el comportamiento del almidón.

Además el almidón, aislado, es un material importante en diversas industrias, entre ellas la alimentaria. La técnica para su preparación se conocía ya en el antiguo Egipto, y está descrita por diversos autores clásicos romanos. Actualmente la industria alimentaria es un gran consumidor, al ser el más barato de los materiales gelificantes.

A nivel mundial, son importantes fuentes de almidón: maíz, trigo, papa, a escala local; para aplicaciones especiales, se obtiene también almidón de la cebada, avena, centeno, sorgo, etc.

El almidón más importante desde el punto de vista industrial es el de maíz. Al año se utilizan unos 60 millones de toneladas de maíz para fabricar almidón, bien para su uso como tal o como materia prima para la obtención de glucosa y fructosa.

Estructura y composición del almidón

El almidón consiste de gránulos, parcialmente cristalinos e insolubles en agua a temperatura ambiente. De acuerdo a su fuente botánica pueden ser de diversa forma y tamaño, la forma puede ser redonda, elíptica, ovalada, lenticular o poligonal. El tamaño de los gránulos de almidón de arroz y amaranto son los más pequeños, con aproximadamente 1-3 μm y los más grandes son los de papa y tapioca con un diámetro aproximado de 50-100 μm (Hoover,2001).

El gránulo de almidón consiste de dos estructuras poliméricas de glucosa denominadas amilosa y amilopectina, además lípidos, proteínas, agua y iones minerales que pueden encontrarse en la matriz del gránulo o formar complejos específicos con el polímero de almidón. (Dziedzic y Kearsley, 2003). La proporción de amilosa y amilopectina en los almidones, determina las propiedades del mismo.

La amilosa es un polímero lineal de moléculas de glucosa unidas por enlaces glucosídicos α -D-(1 \rightarrow 4) (como se aprecia en la Figura 1 A). Las unidades de glucosa se encuentran en la forma de alfa-D-glucopiranososa y tienen la facilidad de adquirir una conformación helicoidal en la que cada vuelta se compone de seis a ocho unidades. También presenta entre un 0.3-0.5 % de enlaces α -D-(1 \rightarrow 6) formando ramificaciones (Greenwood 1964, French 1973, Banks y Greenwood, 1975, Takeda y col., 1990). El interior de la hélice contiene sólo átomos de hidrógeno y en el exterior los grupos hidroxilo.

La amilopectina es una molécula larga y altamente ramificada (Figura 1 B), en la cual, las moléculas lineales de D-glucosa están unidas mediante enlaces α -(1 \rightarrow 4) que se encuentran interligadas entre un 5-6 % de enlaces glucosídicos α -D-(1 \rightarrow 6), formando una estructura muy ramificada.

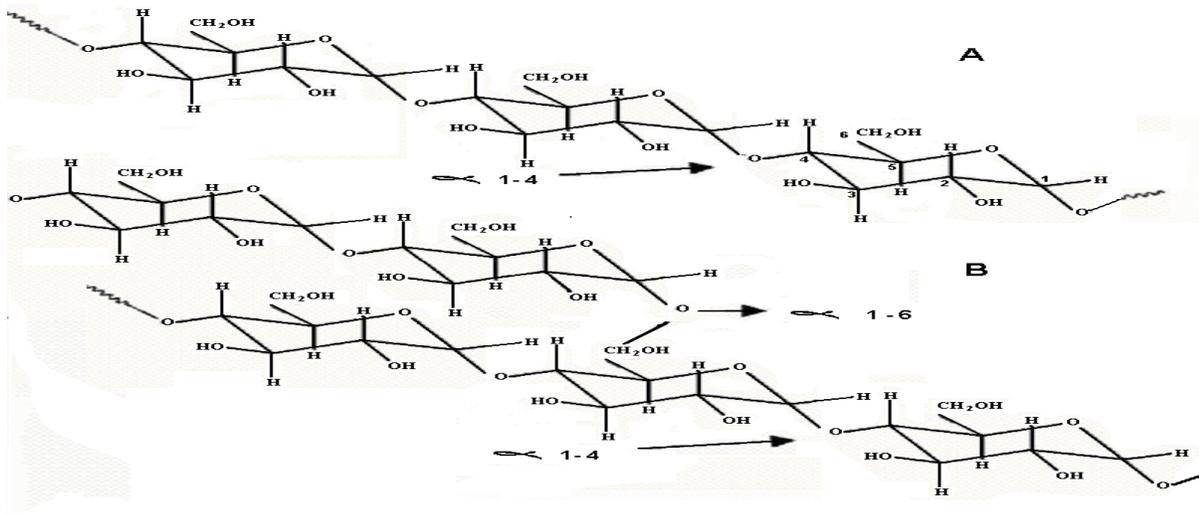


Figura 1. Estructura química de la amilosa (A) y de la amilopectina (B). Modificado de Jayasecara y col. (2005).

El almidón nativo es parcialmente cristalino (semicristalino), con un porcentaje de cristalinidad del 20 al 45 % dependiendo de la fuente botánica (Soest y Vliegenthart, 1997). En los gránulos de almidón, la amilosa y los puntos de ramificación de la amilopectina, forman las regiones amorfas, mientras que las cadenas de la amilopectina constituyen las zonas cristalinas. Ambas regiones, se encuentran arregladas en dominios laminares intercalados. Además de la cristalinidad, puede

haber una co-cristalización con la amilosa en estructuras de una sola hélice, que puede formar complejos con ácidos grasos o lípidos (Soest y Vliegenthart, 1997). En la Figura 2, se muestra la representación esquemática de la estructura del gránulo de almidón.

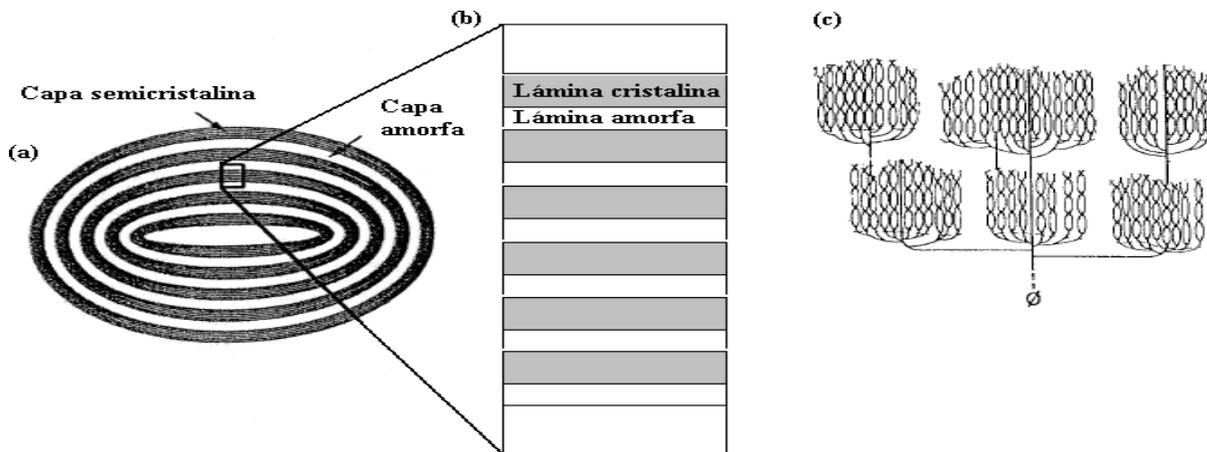


Figura 2. Representación esquemática de la estructura granular del almidón: (a) un gránulo con capas amorfas y semicristalinas, (b) vista expandida de la capa semicristalina de un anillo creciente, (c) estructura de la amilopectina dentro de la capa semicristalina.

Polimorfismo del almidón

Diversos estudios han analizado la estructura cristalina del gránulo de almidón. Las dobles hélices, formadas por las cadenas de amilopectina, se pueden ordenar en tres arreglos, lo cual da lugar a tres patrones de difracción de rayos X: almidón tipo A, B y C. Los almidones de cereales presentan un patrón tipo A, las dobles hélices de la amilopectina están empaquetadas en forma monoclinica y contienen de 4-8 moléculas de agua; los de tubérculos presentan un patrón tipo B, el cual presenta dobles hélices de amilopectina, empaquetadas en forma hexagonal y con 36 moléculas de agua y en almidones de ciertas raíces y semillas un patrón tipo C; que es una mezcla intermedia del patrón tipo A y B. Otro tipo de patrón es el V, y que es característico cuando se forma un complejo de inclusión con lípidos o alcoholes en el interior de la hélice de la amilosa (Buleón y col., 1998).

Oxidación del almidón

Aunque particularmente se realiza en la industria tanto textil como papelera, su aplicación en la industria de alimentos está creciendo debido a que el almidón oxidado

presenta baja viscosidad, alta estabilidad, claridad y capacidad para formar películas, en comparación con los almidones nativos. El bromuro de sodio (NaBr), cloro gaseoso (Cl_2), hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$), permanganato de potasio (KMnO_4), persulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ e hipoclorito de sodio (NaOCl), son los agentes más frecuentemente utilizados para la oxidación de almidón.

El almidón oxidado se produce al reaccionar el almidón nativo con un agente oxidante específico bajo condiciones controladas de pH y temperatura. El hipoclorito de sodio es uno de los más antiguos en ser utilizados y el más popular como agente oxidante. Durante la oxidación, los grupos hidroxilos presentes en los carbonos: C2, C3, y C6 en las moléculas de almidón, son atacados por el agente oxidante al azar, oxidándose primeramente a grupos carbonilo ($-\text{C}=\text{O}$) y posteriormente a grupos carboxilo ($-\text{COOH}$), esto es lo que determina la eficiencia de la reacción. La oxidación provoca la hidrólisis de los enlaces glucosídicos y como consecuencia se pierden algunas de las propiedades del polímero, como por ejemplo, disminuye la viscosidad del almidón (Wang y Wang, 2003).

Los factores que influyen en el nivel de oxidación, además de la concentración del NaOCl, son la fuente de almidón y las características propias de los gránulos, como tamaño, forma, estrías, fisuras, el espesor de las láminas, el grado de polimerización, el peso molecular y la proporción de amilosa y amilopectina (Kuakpetoon y Wang, 2007; Heibesh y col., 1989).

La velocidad de reacción del NaOCl con el almidón es altamente afectada por el pH, siendo más rápida a pH 7 y muy lenta a pH 10 (Rutenberg y Solarek, 1984). Bajo condiciones ácidas, el cloro, reacciona con los grupos hidroxilo de cada molécula de almidón y se forma un éster de hipoclorito y HCl. Posteriormente, se descompone en un grupo ceto y una molécula de HCl. En ambos pasos, los átomos de hidrogeno son removidos como protones de los átomos de oxígeno y carbono. Por lo tanto, en un medio ácido con exceso de protones, la liberación de más protones podría ser obstaculizada y la velocidad de reacción disminuiría al mismo tiempo que se incrementa la acidez.

Durante la oxidación, se solubilizan del 70 al 80 % de las impurezas que contienen

nitrógeno, también se decolora y/o elimina el material pigmentado debido al efecto de blanqueado que produce el agente oxidante; por lo tanto, los almidones oxidados son más blancos que el almidón nativo y la blancura se incrementa al aumentar la cantidad de agente oxidante. Por otra parte, los ácidos grasos libres se reducen del 15 al 20 % en la etapa temprana de la oxidación (Morton y Solarek, 1984; Thomas y Atwell, 1999).

Gelatinización y retrogradación

Dentro de los cambios estructurales inducidos por tratamientos térmicos en el almidón, se encuentra el proceso de gelatinización; que es la pérdida del orden molecular (colapso molecular) que se manifiesta dentro del gránulo de almidón. Esta transformación va acompañada de cambios irreversibles en sus propiedades como absorción de agua, hinchamiento del gránulo, fusión de la parte cristalina, pérdida de la birrefringencia, aumento en la viscosidad y la solubilidad del gránulo (Sandoval-Aldana y col., 2001).

En la solución acuosa gelatinizada del almidón, las moléculas de amilosa y amilopectina están dispersas. Después del enfriamiento, las porciones lineales de varias moléculas se colocan paralelamente debido a la formación de enlaces de hidrógeno, este fenómeno se denomina retrogradación y obliga a las moléculas de agua a apartarse y a permitir que las moléculas cristalicen juntas. Cuando se disuelve el almidón en agua caliente, la estructura cristalina de las moléculas de amilosa y amilopectina se pierde y éstas se hidratan formando un gel, es decir, se gelatiniza. Si se enfría este gel, e inclusive si se deja a temperatura ambiente por suficiente tiempo, las moléculas se reordenan, colocándose las cadenas lineales de forma paralela y formando puentes de hidrógeno. Cuando ocurre este reordenamiento, el agua retenida es expulsada fuera de la red (proceso conocido como sinéresis), es decir, se separan la fase sólida (cristales de amilosa y de amilopectina) y la fase acuosa (agua líquida) (Rodríguez y col. 2001).

Empastado

La formación de un gel o pasta es determinante en la textura de los alimentos, ésta depende no solo de la concentración de almidón sino también de la estructura del

gránulo hinchado, de la proporción de amilosa y amilopectina lixiviada del gránulo y de las condiciones de calentamiento como temperatura, tiempo, velocidad de calentamiento y esfuerzo de corte (Iturriaga y col., 2006). El término “pasta de almidón” engloba varios procesos: hinchamiento del gránulo, lixiviación de componentes a partir del gránulo (principalmente amilosa), y eventualmente la desintegración del gránulo (Atwell, 1988). En general, una pasta de almidón puede ser descrita como un sistema de dos fases, compuesto de una fase dispersa de gránulos hinchados y una fase continua de amilosa lixiviada a partir del gránulo (Ring, 1985).

Polímeros

Compuesto químico formado por moléculas que contienen una gran cantidad de átomos y presentan alto peso molecular. Su unidad básica es el monómero, que son moléculas más pequeñas unidas químicamente entre sí.

Los polímeros se dividen en biodegradables y no biodegradables, aquí sólo abordaremos los primeros por intereses de la propia investigación.

Polímeros biodegradables. Son aquellos capaces de ser degradados medioambientalmente. Representan una nueva generación de materiales que reducen significativamente el impacto ambiental en términos de consumo de energía y generación de residuos después de su utilización. En principio, deben comportarse como los materiales plásticos tradicionales procedentes de fuentes fósiles (petróleo), si bien todavía presentan algunas limitaciones como la disolución en ambientes húmedos. Se han realizado diferentes investigaciones con el fin de superar estas limitantes.

Aplicaciones de polímeros biodegradables. En el área de los alimentos estos polímeros se aplican en la fabricación de empaques biodegradables (mono y multicapa), empaques activos, películas comestibles (PC) y recubrimientos comestibles (RC) sobre frutas, carnes, pescados y otros alimentos, como también en el procesado de alimentos para la obtención de estabilizantes y gelificantes.

Entre estas aplicaciones se destaca la tecnología de películas y recubrimientos comestibles ya que cumple con las exigencias de los consumidores actuales: productos saludables, mínimamente procesados, sin agregado de agentes químicos, y de producción sustentable. Siendo por lo tanto una de las alternativas con más futuro en el campo del envasado y conservación de alimentos.

Según el tipo de biopolímeros (proteínas, polisacáridos, lípidos) que componga la PC o el RC, sus características y funciones serán diferentes, ya que están ligadas a la composición química y estructural del mencionado biopolímero.

Dichas funciones están asociadas a la preservación de la calidad de los alimentos sobre los cuales se aplica y consisten principalmente en servir como barrera en la transferencia de distintas sustancias, desde el alimento hacia el ambiente y viceversa.

Plastificantes.

De acuerdo con la normativa ASTM D-883, un plastificante es un material que se incorpora a un plástico para facilitar su proceso y mejorar su flexibilidad o distensibilidad. La adición de un plastificante puede hacer que disminuya la viscosidad en estado fundido, el módulo de elasticidad, y la temperatura de transición vítrea de un plástico.

La temperatura de transición vítrea (T_g) es la temperatura a la cual un polímero cambia de estado rígido a blando, sobre esta temperatura la movilidad molecular se incrementa y la viscosidad disminuye.

El efecto de los plastificantes puede expresarse mediante la tecnología de lubricación, de gel y de volumen libre. La primera afirma que los plastificantes se comportan como lubricantes internos y que permiten que las cadenas poliméricas se deslicen entre sí. La teoría del gel, que se aplica a los polímeros amorfos, supone que un polímero como el PVC tiene muchas fuerzas de atracción intermoleculares. La adición de un plastificante aumenta el volumen libre y que el volumen libre es el mismo para todos los polímeros a T_g .

Agua destilada. El agua destilada está libre de iones e impurezas. Por medio de la destilación se consigue un agua carente de cloruros, calcio, magnesio y fluoruros. Su fórmula química es H_2O .

Su disposición geométrica molecular queda definida en la figura 3.

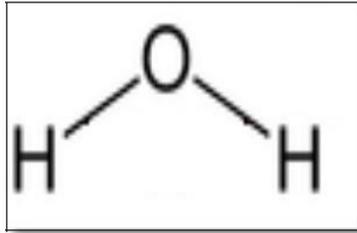


Figura 3. Estructura molecular del agua.

El agua es utilizada comúnmente como un plastificante para lograr la desestructuración del almidón en las mezclas para obtener almidones termoplásticos. Se utiliza con el objetivo de lograr mejores propiedades mecánicas y de barrera, el agua es el plastificante más abundante y más económico.

Glicerol. Es un alcohol con tres grupos hidroxilo como se puede observar en la Figura 4.

Estos grupos hidroxilos le permiten ser soluble en agua. Tiene un aspecto de líquido incoloro y viscoso. No es tóxico, lo que le permite ser un buen lubricante. Su fórmula molecular es $C_3H_8O_3$.

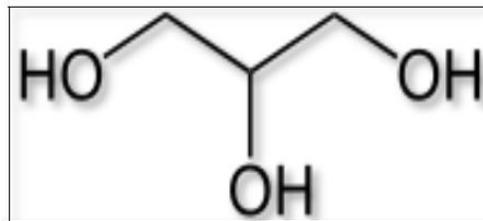


Figura 4. Estructura molecular del glicerol.

Junto con el agua destilada, el glicerol es el plastificante más comúnmente utilizado en los diferentes estudios que se han realizado sobre la fabricación de polímeros termoplásticos a partir del almidón.

Las mezclas que contienen glicerol tienen un aspecto morfológico suave y uniforme. En teoría deben tener un aspecto homogéneo final, esta característica es un claro indicador de que el almidón ha plastificado. Este componente presenta una gran utilidad para retardar la retrogradación de los productos termoplastificados y su acción como lubricante facilita la movilidad de las cadenas poliméricas del almidón.

IV. Metodología

Se realizó una investigación teórico experimental. Se realizaron diferentes pruebas con cáscara de plátano, mango y la combinación de ambas.

Material y reactivos utilizados:

- Cáscara de plátano
- Hipoclorito de Sodio
- Ácido acético
- Espátula
- Rejilla de cerámica
- Termómetro
- Placas de vidrio
- Cáscara de mango
- Agua destilada
- Vasos de precipitado
- Agitador
- Mechero de Bunsen
- Coladera
- Pipetas / Probetas
- Ácido cítrico
- Glicerol
- Mortero y pistilo
- Tripie
- Estufa
- Cuchillo
- Matraz Erlenmeyer

Procedimiento

- Con ayuda de un cuchillo se realizan cortes a lo largo de las cáscaras de plátano y mango, extrayendo la mayor cantidad de endocarpio.
- Se coloca el endocarpio en una solución antiapardeamiento, la cual tiene como función retrasar la oxidación enzimática del almidón. Esta solución se extrajo del jugo de naranja agria (Vitamina C).
- Dejar reposar 10 minutos.
- Filtrar la pulpa de la solución y secar en la estufa a 30°C.
- El producto del secado se pulveriza en un mortero.
- Tamizar el polvo obtenido desechando las partículas más grandes.
- Agregar el hipoclorito de sodio (NaOCl) 3 % de cloro activo, empleando el método propuesto por Wang y Wang (2003), que consistió en la preparación de

una pasta de almidón de 35 a 45% de sólidos, posteriormente se mantuvo la mezcla a una temperatura de 35 °C.

- Pesar el almidón obtenido en un vaso de precipitados, adicionar agua destilada, ácido acético.
- Con agitación constante agregar el glicerol.
- Finalmente agitar con calentamiento vaciar la mezcla viscosa en las láminas de vidrio y secar en la estufa

Se anexan evidencias fotográficas del procedimiento descrito.

V. Resultados y Análisis

El almidón de plátano y mango deshidratado, así como de plátano fresco, se sometieron a diferentes procesos.

El almidón del mango es más resistente y poco flexible, el del plátano muy flexible.

Se combinaron los dos almidones en una relación 1:1 para la obtención de un biopolímero con excelentes condiciones, así como para blanquear la película se utilizó (NaOCl) para oxidar el almidón.

VI. Conclusiones

Se logró obtener una película resistente, variando las concentraciones de glicerol y ácido acético, al igual que combinando cáscara de plátano y cáscara de mango variando las concentraciones, logramos la oxidación del almidón de plátano con el uso de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 3 % de cloro activo.

Pudimos observar que al variar la concentración del glicerol en las películas afecta el efecto plastificante en las propiedades de las películas.

En cuanto a las pruebas de biodegradabilidad, sí comienza a degradarse, pero en 30 días no se degrada totalmente como habíamos pensado, se pretende continuar con la investigación para elaborar una bolsa de plástico para uso en el hogar.

VII. Bibliografías

Alvarado, V (2014) Bioplástico. La alternativa ecológica al plástico, ciencia para ti.

Calvo, Miguel. "Estructura del almidón" p.26 [en línea][Fecha de consulta 5 de octubre del 2017]. Disponible en:

<<https://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/almidon.html>>

Escudero, L (2011). Determinación de la biodegradabilidad y toxicidad de los materiales plásticos (Tesis de grado). Universidad Politécnica de Cartagena

Vilches, A., Gil, D., (Enero 2011). Papel de la Química y su enseñanza en la construcción de un futuro sostenible.

Zamudio-Flores, P. B., Bello-Pérez, L. A., Vargas-Torres, A. 2007. Caracterización parcial de películas preparadas con almidón oxidado de plátano. *Agrociencia*. 41:837-844

Educación Química Recuperado de :

http://www.uv.es/gil/documentos.enlazados/2011.%20Quimica_y_futuro.sostenible.pdf

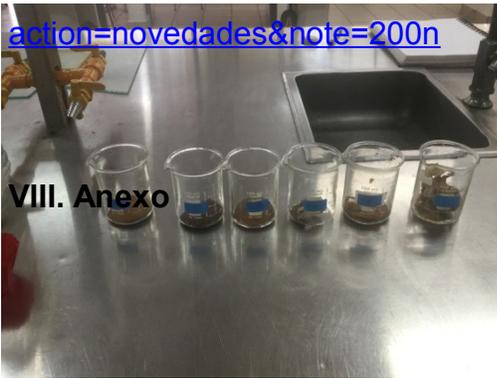
Cátedra Ecoembes de Medio Ambiente (2009). Ecoembalajes España. *Proyecto de análisis de bioplásticos*. From:

https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos_estudios_idi/proyecto_bioplasticos-resumen_ejecutivo.pdf

International Trade Fair No. 1 for Plastics and Rubber Worldwide (2013).Düsseldorf, Germany. *Bioplásticos : ¿una alternativa con futuro?*.From:

https://www.k-online.com/cgi-bin/md_k/lib/all/lob/return_download.cgi/FA_06_Biokunststoffe_Kurz_es.pdf?ticket=g_u_e_s_t&bid=823&no_mime_type=0

Consejo Argentino para la información y el Desarrollo de la Biotecnología. ArgenBio: Argentina. *Los bioplásticos*.From: <http://www.argenbio.org/index.php?accion=novedades¬e=200n>





Analizando muestras



Comparación de colores y textura



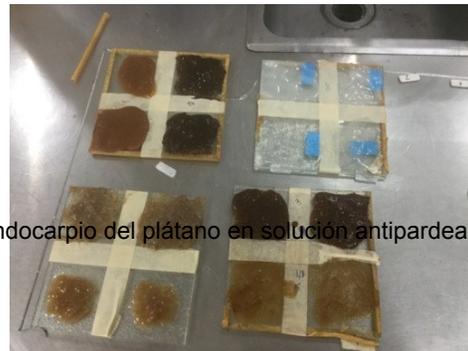
Realización de nuevas formulaciones



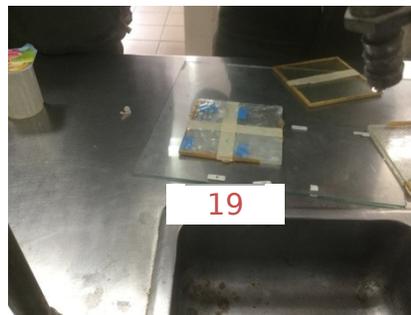
Modificación de concentraciones



Desprendimiento de endocarpio del plátano



Endocarpio del plátano en solución antipardecimiento



Nueva formulación con NaOCl

Muestras comparativas

Película Final