

Obtención y caracterización de un biopolímero a partir del alga (*Sargassum sp.*) para elaborar empaques de un solo uso en combinación con celulosa y almidón

García Martínez Katia¹, Sánchez Fuentes Cinthia Erika¹, Salazar Cano Juan Ramón², Gómora Herrera Diana Rosa³, Santana Cruz Alejandra^{4*}

¹Departamento de Ingeniería en Sistemas Ambientales, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, Wilfrido Massieu s/n U. Profesor Adolfo López Mateos, Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México, México.

²Departamento de Biofísica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, Wilfrido Massieu s/n U. Profesor Adolfo López Mateos, Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México, México.

³Instituto Mexicano del Petróleo, Laboratorio de Análisis Ambientales, Eje Central Norte Lázaro Cárdenas No. 152, Col. San Bartolo Atepehuacan, CP 07730, Ciudad de México, México.

⁴Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas, C.P. 02200, Ciudad de México, México.

*Autor para correspondencia: sca@azc.uam.mx

Recibido:

15/marzo/2020

Aceptado:

25/octubre/2020

Palabras clave:

Sargazo,
alginato,
biopolímero

Keywords:

Sargassum,
alginate,
biopolymer

RESUMEN

La llegada de grandes cantidades del alga *Sargassum spp* a playas del Caribe mexicano, y la problemática de generación de residuos por el uso desmedido de polímeros sintéticos traen consigo serios problemas ambientales. En este sentido, este trabajo propone la obtención de un polímero compostable mediante síntesis química proveniente de esta alga, el cual funja como materia prima en la elaboración de empaques de un solo uso y, que, junto con celulosa y almidón se pueda fortalecer su resistencia mecánica. Se obtuvo alginato a partir del sargazo, para realizar mezclas de alginato, celulosa y almidón y obtener empaques, los cuales fueron sometidos a diferentes pruebas térmicas y mecánicas, y de compostabilidad. Se encontraron las características físicas y químicas del empaque, además se encontró que se degradó en menos tiempo que uno comercial.

ABSTRACT

The arrival of large quantities of the algae *Sargassum spp* on the beaches of the Mexican Caribbean, and the problems of waste generation due to the excessive use of synthetic polymers bring with them serious environmental problems. In this sense, this work proposes obtaining a compostable polymer through chemical synthesis from this algae, which functions as a raw material in the preparation of single-use packaging and, which, together with cellulose and starch, can strengthen its resistance mechanics. Alginate was obtained from *sargassum*, to make alginate, cellulose and starch mixtures and to obtain packagings, which were subjected to different thermal and mechanical tests, and to compostability. The physical and chemical characteristics of the packaging were found, and it was also found that it degraded in less time than a commercial one.

Introducción

En el verano del 2018, la aparición masiva del alga *Sargassum natans* sp. en varias playas del caribe mexicano provocó serios problemas ambientales y sociales. De junio a septiembre del 2018 para retirar el alga de las playas, el gobierno ha invertido más de 322.5 millones de pesos (Varillas, 2019). Además de la recolección del sargazo, se requiere tener una propuesta de valorización del sargazo.

Diversos trabajos durante el 2019, han dado una propuesta de aprovechamiento de sargazo tales como zapatos, bloques de construcción y libretas (Arce, 2019). En el presente se le da uso como biopolímero para elaborar empaques biodegradables. La introducción de biopolímeros se está convirtiendo en una alternativa viable para tratar de disminuir el problema de contaminación ambiental, ya que se ha logrado obtener polímeros naturales de diferentes fuentes como el almidón, la celulosa, las proteínas, las fibras y derivados que están siendo empleadas en la elaboración de plásticos biodegradables que habrán de sustituir los plásticos convencionales (Ojeda, 2013).

Los biopolímeros, o bioplásticos, tienen las mismas aplicaciones que el plástico que ya conocemos; pueden usarse como contenedores para guardar alimentos, material de embalaje y se pueden fabricar bolsas de plástico para uso desechable, teniendo la ventaja de que si este tipo de plástico se combina con basura orgánica y se envía a un sistema de composta, el biopolímero será degradado biológicamente por los microorganismos presentes y no se tiene el impacto ambiental dañino que tienen los plásticos convencionales (Ojeda, 2013).

La introducción de los bioplásticos se ha planteado como una solución para ayudar a reducir tanto las emisiones de dióxido de carbono como el calentamiento global. Mientras que la producción de plásticos comunes requiere una introducción neta de carbono en la ecósfera, el CO₂ liberado por los bioplásticos originalmente provienen de la biomasa, y por lo tanto es potencialmente de carbono neutral en su ciclo de vida (Ojeda, 2013).

El método para elaborar el biopolímero se basa en un contexto científico en el cual, se tienen antecedentes de los cuales se han obtenido polímeros de diferentes materias primas como lo son a partir de la cutícula de agave (Arteaga y Zabala, 2018), de celulosa (Gallur, 2010), de almidón de yuca (Meneses et al., 2007) y algunas especies de algas (Madera et al., 2011), sometiendo estas materias primas a diferentes tratamientos químicos.

Este trabajo propone elaborar un biopolímero usando como materia prima *Sargassum* sp. Con este nuevo material se está contribuyendo al aprovechamiento de esta materia prima, además se reduciría el impacto ambiental generado por la acumulación de empaques elaborados de polímeros sintéticos.

Metodología

La metodología utilizada en este trabajo se desglosa en dos vertientes; la primera es sobre la obtención de alginatos de sodio a partir del alga sargazo y de su caracterización mediante espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR), y la segunda aborda la elaboración de los empaques (platos) a partir de celulosa y almidón. El polímero obtenido a partir del alga fue mezclado en diferentes proporciones de celulosa, almidón y agua, para obtener los empaques mediante un moldeado de la mezcla en forma de plato.

Ya que la muestra de plato muestre las condiciones buscadas, físicas y mecánicas, este fue llevado a una lombricomposta con el fin de cuantificar la cinética de degradación. A continuación, se explica cada vertiente.

Primera vertiente:

Obtención de alginatos de sodio a partir del alga sargazo

Se divide en 6 etapas, que se muestran a continuación.

1.- Etapa de obtención y pre-ambientación del alga
Los pasos son la obtención de la materia prima (*Sargassum* sp.) de playa del Carmen, lavar, secar, triturar y por último caracterizar la muestra utilizando FTIR.

2.- Etapa de ambientación del alga
En esta etapa se lleva a cabo la separación de la arena del sargazo, se trituro, se realizó un ablandamiento con formol y se agitó, se lavó con agua.

3.- Etapa de extracción ácida
La muestra se lleva a pH de 4 con HCl, 1M, se realizó un lavado con agua y se agitó, para finalizar se adicionó agua y se llevó a un calentamiento.

4.- Etapa de extracción del alginato
Adición de Na₂CO₃, 1M, hasta un pH de 10 y se agitó, posteriormente se somete un filtrado al vacío y se llevó a un secado únicamente de la fase sólida.

5.- Etapa de conversión de alginato de calcio a ácido algínico
Se realizó un lavado con HCl, se retiró la fase líquida, y la fase sólida se dejó secar. Posteriormente, a la muestra seca se le agregó etanol y se agitó a 200 rpm. Esto con el

fin de quitar el ion calcio de la estructura molecular, y que así el ácido algínico quede carente de carga para posteriormente adicionar el ion sodio.

6.- Etapa de conversión de ácido algínico a alginato de sodio

En la última etapa se retiró el etanol y se agregó Na_2CO_3 , hasta alcanzar un pH 8 y se agitó, se realizan 3 lavados con etanol, de cada lavado se toma una muestra y se dejó secar. Las muestras obtenidas se caracterizaron mediante a espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR).

A continuación, se presenta la segunda vertiente:

Obtención de los ejemplares de moldes a partir de celulosa, almidón y agua.

- Obtención de la celulosa a partir del cortado y molienda de hojas de reüso
- Elaboración de mezclas de almidón a partir de diferentes proporciones
- Mezclado de la celulosa, la mezcla de almidón y los alginatos obtenidos anteriormente
- Moldeado y secado

Ya que se obtuvieron las muestras de los platos, estos se sometieron a diferentes pruebas físicas y mecánicas, y se probó su compostabilidad en una lombricomposta casera a temperatura de 26°C y un pH de 7, las cuales son condiciones óptimas para que los microorganismos se desarrollen, esto con el fin de cuantificar la cinética de degradación y poder compararla con la de un plato comercial.

Resultados y discusión

Espectros obtenidos del alginato de sodio obtenido.

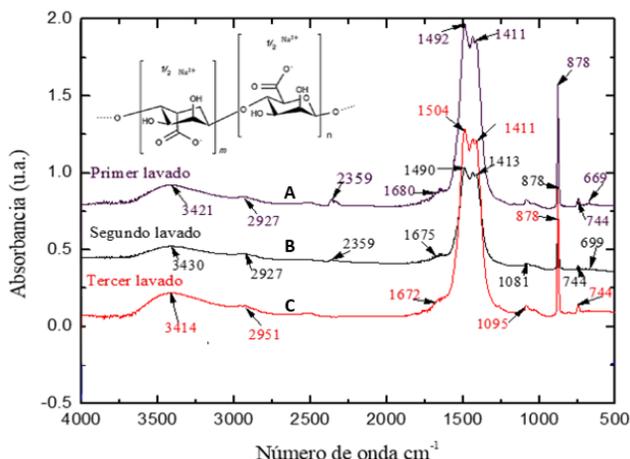


Figura 1. Espectros obtenidos por someter la muestra a espectrometría FTIR; A. Primer lavado, B. Segundo lavado, C. tercer lavado.

Después de someter la muestra a un espectrofotómetro NICOLET Protege 460, registrándose en el rango de $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$ con una resolución de 4 cm^{-1} , se llevó acabo el estudio del espectro. Se muestran los picos bien definidos e intensos que aparecen en las muestras a lo largo de los lavados, presentan bandas a $\sim 3400\text{ cm}^{-1}$, una banda a $\sim 2900\text{ cm}^{-1}$ que corresponde al estiramiento de C-H de los grupos $-\text{CH}_2$ y $-\text{CH}_3$, conjuntamente, una banda en 2359 cm^{-1} va desapareciendo conforme a los lavados, la cual puede deberse a materia orgánica presente en el material sin lavar, a $1490\text{--}1504\text{ cm}^{-1}$ y $\sim 1411\text{ cm}^{-1}$, se deben a $-\text{COO}_{\text{asim}}$ y $-\text{COO}_{\text{sim}}$, respectivamente, los cuales corresponden al complejo formado entre el alginato y el sodio (Alg-Na). Así, se deduce que los lavados de las muestras son importantes para elucidar las bandas características del alginato de sodio (Alg-Na). Se intensifica la banda de los carbonatos, la formación de este grupo se puede deber a reacción del grupo OH presente en el agua del alga con el CO_2 atmosférico.

Consecuentemente, los espectros para alginato de sodio producidos a partir del Sargazo fueron similares a los reportados por (Mohammed et al., 2018), quienes obtuvieron alginato de sodio y compararon sus resultados con una muestra comercial de este compuesto. Por lo tanto, esto confirma aún más la presencia de alginato de sodio en las muestras extraídas.

Elaboración de los empaques, y prueba de degradación

Los polímeros obtenidos fueron mezclados con diferentes proporciones de celulosa, almidón y agua, estas mezclas fueron colocadas en un molde en forma de plato, el resultado obtenido se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Platos obtendidos a partir del modelado de las mezclas antes descritas. A. Plato con mayor propocion de almidón, B. Plato con las mismas proporciones, C. Plato con mayor cantidad de celulosa.

Se aprecia que las características generales de los platos obtenidos son muy similares a los platos comerciales, al ser elaborado a partir de un molde de plato comercial, este cuenta con las mismas medidas, el color es blanquecino, y la dureza es proporcional al plato comercial.

El plato B, es el que contiene las características mas similares a los de un plato comercial, referente a su dureza, apariencia, flexibilidad, maleabilidad y tamaño. Por lo que este plato fue sometido a una composta casera de condiciones conocidas con el fin de observar los cambios ocurridos a través del tiempo, y poder cuantificar el tiempo total de degradacion. Este mismo procedimiento se realizó con un plato comercial de carton, con el fin de poder comparar cualitativamente la degradación con respecto al tiempo. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Comparacion de la cinetica de degradacion para el plato experimental y el plato obtenido experimentalmente.

Tiempo de evaluación	Plato obtenido	Plato comercial de cartón
Día cero		
Segunda semana		
Tercera semana		
Quinta semana		
Sexta semana	Ya no había ningún residuo	

Se observó que el plato de cartón convencional que venden en cualquier supermercado, tarda en degradarse más que el plato elaborado en el laboratorio, el plato comercial no presentó ningún cambio en la primer semana, a partir de la segunda semana se observan cambios en la estructura del plato.

Sin embargo, son mínimas, se observa un cambio de color sin existir aun alguna biodegradación del mismo, caso contrario de lo que ocurría con el plato elaborado en el laboratorio ya que desde la primer semana se observó la biodegradación en algunas áreas del plato.

Por otro lado el plato comercial dentro del rango de 32 a 38 días que es el tiempo de biodegradación total del plato obtenido experimentalmente, se observa que aún existe una estructura completa del mismo, aun al día 42 (sexta semana), sigue existiendo una gran área del mismo.

Por lo que, en esta comparación el plato obtenido experimentalmente presentó una mayor velocidad en su biodegradación.

Conclusiones

Se logró obtener, el polímero buscado (alginato de sodio), mediante la síntesis química del *Sargassum* sp., se obtuvo un material para uso de platos desechables con una dureza superior a la de un palto comercial; derivado de la cinética de biodegradación de los materiales evaluados se encontró que el material propuesto en la presente investigación, que contiene celulosa, almidón, agua y alginato obtuvo una mayor velocidad de degradación

El material desarrollado, plato, posee viabilidad comercial tomando en consideración los costos de producción debido a sus características técnicas y de biodegradación

Como recomendaciones se menciona el poder optimizar el proceso de síntesis con el fin de aumentar la eficiencia de la reacción y disminuir el consumo de reactivos, someter a espectrometría de masas, diferentes muestras a lo largo del proceso para identificar la etapa en la cual existe una pérdida de producto (alginato de sodio), estandarizar el proceso de elaboración de platos comerciales a partir de polímeros naturales, someter el material obtenido a más pruebas tanto mecánicas como de degradación y en el análisis de costos incluir aquellos que son variables, con el fin de determinar de manera precisa el costo de producción.

Agradecimientos

Katia García Martínez agradece a las doctoras; Cinthia Erika Sánchez Fuentes, Diana Rosa Gómora Herrera y Alejandra Santana Cruz por toda su ayuda moral y técnica en el laboratorio, además a los doctores; Juan Ramón Salazar Cano y Samuel Alejandro Martínez Montejo por las facilidades financieras y de espacio. Gracias a todos ellos.

Referencias

Arce L. (2019). Sargazo un mar de oportunidades. El Sol de México. Sitio Web: <https://www.elsoldemexico.com.mx/doble-via/ecologia/sargazo-caribe-mexicano-reciclaje-zapatos-viviendas-cambio-climatico-3791920.html>

Arce L. (2019). Sargazo un mar de oportunidades. El Sol de México. Recuperado el 5 de marzo del 2019, de <https://www.elsoldemexico.com.mx/doble-via/ecologia/sargazo-caribe-mexicano-reciclaje-zapatos-viviendas-cambio-climatico-3791920.html>

Arteaga L., Zavala S. (2018). Fabricación de plásticos biodegradables a base de pectina-alginato y polímeros de Agave para su utilización en la industria alimentaria, pp. 680-682. México. Recuperado el 10 de febrero del 2019, de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume3/4/10/112.pdf>

Avedaño R., López A., Palou E., (2013). Propiedades del alginato y aplicaciones en alimentos, p.p 90-95. México. Recuperado el 25 de noviembre del 2018, de http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/acym/ALGI_NATOS_I.pdf

Casas M., Hernández H., Marín A., Águila R.N., Hernández, C.J., Sánchez, I. (2006). El alga marina Sargassum (Sargassaceae): una alternativa tropical para la alimentación de ganado caprino. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 90-94.

Gallur M., (2010). Presente y futuro de los biopolímeros como material de envase, pp. 1-51. Barcelona. Recuperado el 10 de octubre del 2018, de

<https://docplayer.es/12440952-Presente-y-futuro-de-los-biopolimeros-como-material-de-envase.html>

Hernández E., López G.Y.R., García P.A., (2005). Evaluación de derivados carboximetilados del alginato de sodio como superadsorbente. *Revista Cubana de Química*. Vol. XVII.3:239-240.

Madera-Santana T.J., Robledo D., Freile K. (2011). Physicochemical Properties of Biodegradable Polyvinyl Alcohol-Agar Films from the Red Algae *Hydropuntia cornea*. *Mar Biotechnol* 13, 793-800.

Meneses J., Corrales C., Valencia M. (2007). Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *Revista EIA*. ISSN 2463-0950.

Ojeda E. (2013). Estudio teórico de polímeros biodegradables sustituyentes de polímeros sintéticos para un mejor ecosistema. Tesis de Licenciatura, Instituto Politécnico Nacional, México.

Valero F., Ortegón Y., Uscategui Y.,(2013). Biopolymers: progress and prospects, pp. 115-118. Colombia. Recuperado el 12 de octubre del 2018, de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v80n181/v80n181a19.pdf>