



POLITÉCNICA

Contents lists available at POLI-RED

IngeniaMateriales

Journal homepage: http://polired.upm.es/index.php/ingenia_materiales



Bioplástico con cáscara de fruto seco

C. Herrera, C. González-Moro, J. Zamora, D. Gutiérrez

¹E.T.S.I. de Caminos, Canales y puertos, Universidad Politécnica de Madrid, C/ Profesor Aranguren 3, E28040, Madrid, Spain

²Nut Peel Engineering Department, University of New York, USA

INFORMACIÓN

Información del Proyecto:

Entrega anteproyecto 24 febrero 2020

Entrega Proyecto 18 mayo 2020

Disponible online 27 mayo 2020

Keywords:

Bioplastics

Mechanical properties

Nut peel

ABSTRACT

Las cáscaras de frutos secos son un producto de desecho cada vez más abundante, y al que no se le ha encontrado muchas utilidades. En 2017, solo en California, se produjeron aproximadamente 5,2 millones de toneladas de cáscaras. Por cada kilo de fruto, se producen dos de cáscaras. Normalmente, las cáscaras más pequeñas terminan como alimento para la cría de animales, pero, con el declive del mercado de la leche animal y el de la vegetal en auge, hoy en día se producen más cáscaras que nunca. Para aprovechar su uso, existe la posibilidad de mandarlas a una planta de biomasa y resolver el problema quemándolo y de esa manera utilizarlas como combustible para la obtención de energía, o bien, usarla como abono, como hacen los agricultores.

Sin embargo, nosotros nos vamos a centrar en los campos del refuerzo de plásticos.

© 2020 ESTRUMAT 2.0. All rights reserved.

1. Introducción

El plástico es la tercera aplicación del petróleo más usada en el mundo, y al año se consumen más de 200 millones de toneladas en el planeta. Proviene de fuentes no renovables (petróleo), es contaminante y no biodegradable (puede tardar hasta más de 1.000 años en descomponerse). Por ello nuestro trabajo se centra en reducir su uso sustituyéndolo por los bioplásticos.

Estos son 100% degradables, igual de resistentes y versátiles, y ya se usan en sectores como agricultura, industria textil, medicina y sobre todo en el mercado de embalajes y envases, etc. El bioplástico se está haciendo popular en ciudades europeas y estadounidenses por sus ventajas ya que reducen la huella de carbono y los costes de producción son reducidos ya que se requiere menos electricidad. Además, no consumen materias primas no renovables como los combustibles fósiles, no contienen aditivos perjudiciales para la salud, reducen los residuos no biodegradables que contaminan el medio ambiente, no modifican el sabor u olor de los alimentos contenidos, etc.



Fig. 1. Botellas de bioplástico

Desgraciadamente, un bioplástico o un plástico reciclado carece de rigidez y resistencia al calor en comparación con el plástico de petróleo recién fabricado. Sin embargo, la utilización de polvo de la cáscara de frutos secos (como la nuez) podría resolver este problema. Si se implementa durante el proceso de fabricación, por tratarse de un material amaderado, se podría mejorar ciertos parámetros del bioplástico como: la aportación de firmeza y la resistencia al calor, entre otros.

Nuestra idea es hacer un estudio sobre las propiedades que aporta la cáscara de fruto seco. Para ello se fabricarán dos probetas de bioplástico a partir de productos naturales, y a una de ellas se le implementará polvo de cáscara de nuez para que mejore sus propiedades mecánicas y térmicas. Finalmente compararemos los resultados entre el material sin reforzar con el que ha sido reforzado.



Fig. 2. Cáscara de nuez

2. Materiales y métodos

2.1. Materiales

Materiales para la fabricación del material

- Glicerina (*Kanova*, solución rectal)
- Vinagre de vino

- Agua
- Cáscara de nuez
- Harina fina de maíz (*Maizena*)

Instrumentos para la fabricación del material:

- Batidora
- Cazo pequeño
- Báscula
- Vasos
- Platos hondos
- Film transparente de cocina
- Jeringuilla
- Trituradora

Tanto los instrumentos como la mayoría de los ingredientes para la creación del material deberían ser de fácil obtención, si es que ya no se tienen en casa. Se compararon los distintos precios, siendo la glicerina la que más variaba económicamente dependiendo de la marca, aunque al no necesitar mucha cantidad para este proyecto, no hace falta comprar un bote muy grande y caro.

2.2. Obtención del material

Para la fabricación del bioplástico sin cáscara de nuez, en primer lugar, con la ayuda de una jeringuilla obtenemos 7,5 mililitros de vinagre y otros 7.5 mililitros de glicerina, y los añadimos cada uno en un vaso. Por otro lado, pesamos la maicena hasta obtener los 12 gramos necesarios y lo mezclamos con 75 mililitros de agua mediante una batidora para evitar los grumos. La mezcla obtenida la depositamos en otro vaso.

Antes de comenzar con las mezclas de ingredientes en el fuego, es aconsejable tener preparado el soporte donde colocar la masa una vez acabada para secarse. En este experimento se usaron dos platos hondos con un film tensado enganchado por los bordes.

Ponemos el cazo pequeño a calentar con el fuego al máximo y se echa el contenido de los 3 vasos: primero la maicena con el agua y después el vinagre, seguido de la glicerina. Se mezcla removiendo con una cuchara, observando cómo se va formando una especie de pasta blanquecina y viscosa. Una vez comprobado que no existan grumos y la mezcla a empezado a crear burbujas, (en este caso tardó entre 10 y 15 minutos) bajamos el fuego y seguimos removiendo otro par de minutos, evitando que la mezcla se quede pegada a la base y se quemé. Con la cuchara cogemos la masa y la extendemos de forma uniforme por el film estirado de uno de los platos.

Para la fabricación del bioplástico con polvo de cáscara de nuez, se debe triturar la cáscara con una trituradora (en este experimento se usó una trituradora de hielo) y se debe mezclar el polvo con el agua. Para 75 mililitros de agua, se han usado 2 gramos de polvo de cáscara de nuez. El resto del proceso sigue los mismos pasos que el anterior, a excepción de la potencia del fuego. No se usará fuego al máximo ya que las cáscaras pueden quemarse, dañando no solo el material sino también la base del cazo. Se utilizará fuego medio-alto hasta conseguir la misma mezcla viscosa y luego se bajará el fuego, sin dejar de remover, cuando no haya grumos y empiecen a aparecer las burbujas. Extenderemos en el segundo plato, sobre el film transparente de forma uniforme también.

Se dejan ambos platos en un sitio con temperatura ambiente secándose durante 8-10 horas, y después se despegan con cuidado, obteniendo el bioplástico.



Fig.3. Bioplástico (izquierda) y bioplástico con cáscara de nuez (derecha)

2.3. Pruebas

Se cortaron los bioplásticos en probetas de 5x5 cm, con las que se realizaron distintas pruebas y en distintas condiciones para poder cuantificar las características de ambos materiales y así compararlas para comprobar la veracidad de nuestra hipótesis inicial.

2.3.1. Ensayo de tracción

Para medir la resistencia de un material a una carga que se incrementa lentamente, se creó un ensayo de tracción casero, usando los siguientes instrumentos:

- Pinzas (2)
- Cadena
- Bolsa
- Arroz
- Báscula



Fig. 4. Ensayo de tracción casero

Entre las dos pinzas se colocaron las probetas de bioplástico. En una de ellas también se enganchó la cadena, de la cual colgaba una bolsa transparente. Dentro de esa bolsa se fueron colocando distintas cantidades de arroz, a medida que se quería aumentar la carga. Para calcular la deformación, se medía la distancia que existía entre las pinzas dependiendo de la carga. Cada carga se mantenía durante 30 segundos y luego se retiraba para identificar si había deformación elástica antes de aumentarla de nuevo.

Se fueron modificando varios parámetros para ver qué efectos tenían en el ensayo de tracción para ambos bioplásticos y después compararlos entre ellos.

2.3.2. Ensayo de impacto

Se dejó caer un objeto punzante (cuchillo en este caso) sobre el material desde distintas alturas para determinar el comportamiento del material al ser sometido a una carga en impacto.

3. Resultados

3.1. Resultados físicos

Las láminas de bioplástico que se obtuvieron tenían ambas diferentes características. La más visible siendo el color: el bioplástico normal era transparente mientras que el otro tenía tonalidades marrones, como se puede observar en la siguiente imagen.



Fig. 5. Bioplásticos obtenidos sin cáscara de nuez (izquierda) y con cáscara de nuez (derecha)

El bioplástico normal tenía un tacto y consistencia muy similar a la de un plástico normal, como el film transparente que se usa en la cocina. Se podía doblar varias veces sobre sí mismo sin que éste opusiera resistencia alguna o se dejaran marcas del doblar.

En cambio, el bioplástico con refuerzo tenía un tacto más rugoso debido a fragmentos de cáscara que no se habían triturado del todo. También existían variaciones a la hora de doblarlo sobre sí mismo en comparación con el otro, ya que era necesario ejercer un poco más de fuerza y el doblar dejaba diminutas señales (como al doblar una hoja de papel).

3.2. Ensayo de tracción (estándar)

Al comparar los dos bioplásticos, uno con cáscara de nuez y el otro sin ningún aditivo, se descubrió que el de cáscara de nuez apenas sufría deformación hasta llegar a rotura (843 gramos, aproximadamente): la distancia entre las pinzas aumentaba escasamente. El máximo que se alcanzó fue poco más de 1 milímetro (en los casos con más carga) y no se recuperaba, por lo que se deduce que apenas había deformación elástica.

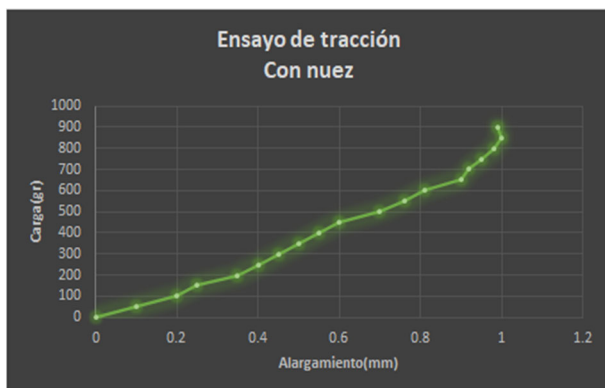


Fig. 6. Gráfico del ensayo de tracción del bioplástico con refuerzo

Para el bioplástico normal ocurría el caso contrario. Se observaba mucha capacidad de deformación elástica, llegando a haber una distancia de más de 2 milímetros entre pinzas y recuperando la mayoría de esa distancia, sino toda, al retirar la carga. Es importante destacar que la rotura se lograba con cargas menores que en otro bioplástico, llegando a soportar alrededor de la mitad de carga (400 gramos).

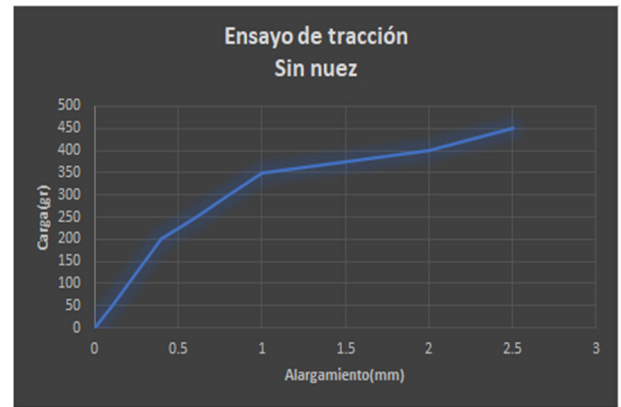


Fig. 7. Gráfico del ensayo de tracción del bioplástico sin refuerzo

Partiendo de la hipótesis inicial se cumplieron las expectativas ya que el material aumentó su resistencia considerablemente además de otras propiedades mecánicas, logrando así un resultado bastante esperanzador.

3.3. Ensayo de tracción (humedad)

Se introdujeron ambas probetas en vasos de 100 mililitros de agua a 25°C. No se tardó mucho en ver los efectos de tal cantidad de agua en ambos ensayos. Los dos empezaron un proceso de disolución, en mayor medida el de bioplástico sin cáscara, cuyo líquido comenzó a teñirse de un color blanquecino. El otro vaso empezó a adoptar un color marrón, aunque de forma casi imperceptible.



Fig. 8. Bioplásticos sumergidos en agua

Se mantuvieron 10 minutos en los vasos y al sacarlos se observó una gran pérdida de rigidez y consistencia. Tenían un carácter gomoso y viscoso, principalmente el bioplástico normal. El que contenía cáscara de nuez mantenía mejor la forma y no se deshacía al tocarlo, como sí sucedía con el otro, el cual podía romperse con el simple hecho de cogerlo si no se manejaba con cuidado. El bioplástico normal mostraba muchos defectos, en los bordes especialmente, como rajaduras y grietas.

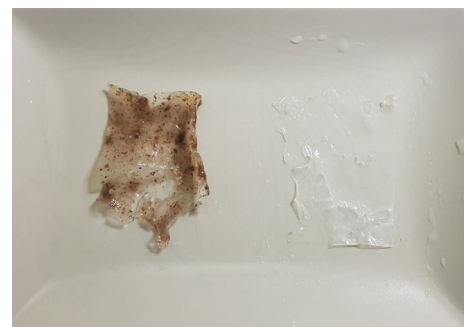


Fig. 9. Bioplásticos al ser extraídos del agua

El rendimiento de ambos en el examen de tracción se vio muy disminuido: con el bioplástico normal se alcanzaba la rotura a los 18 gramos mientras que la otra muestra aguantaba hasta los 56 gramos.

Como se puede comprobar, la resistencia a rotura se redujo en más del 80%.

A medida que se secaban se iban arrugando y volviéndose más rígidos. Una vez secos completamente habían perdido por completo la capacidad para doblarse, ya que con intentar combarlos un poco se rompían.

3.4. Ensayo de tracción (calor)

Las probetas se introdujeron a la vez en un microondas durante 30 segundos. Al abrir el microondas para sacar las pruebas salió un olor similar al de las palomitas ligeramente quemadas. También cabe destacar que el bioplástico de nuez humeó, hecho que no se dio en la otra lámina de plástico.

En las probetas se habían formado pequeñas burbujas. En el bioplástico con cáscara estaban a lo largo de toda la superficie mientras que en el otro solo se había formado en las zonas más gruesas, ganando rigidez en esas secciones.



Fig. 10 Bioplásticos al ser extraídos del microondas

La probeta sin cáscara perdió capacidad elástica llegando a recuperar tan solo 1 milímetro de los 7 que se alcanzaron de separación entre las pinzas con la carga máxima que se puso. A cambio se aumentó la carga hasta rotura, alcanzando más de 550 gramos, donde se observó que empezó a crearse una pequeña fisura entre las pinzas que al poco tiempo provocó el desgarro del material.

Algo similar sucedió con la otra probeta, la cual también aumentó su rendimiento en el ensayo de tracción a costa de parte de la flexibilidad que tenía anteriormente, llegando a fracturarse con 926 gramos. Al igual que el primer ensayo, no se observó una destacable capacidad de deformación elástica.

3.5. Ensayo de tracción (frío)

Ambas probetas estuvieron dentro de un congelador a una temperatura de -18°C durante 12 horas (22:00 - 10:00). Al sacarlos, sorprendió ver que el bioplástico normal no se había congelado en absoluto. Ni siquiera había perdido flexibilidad, porque se seguía doblando perfectamente sobre sí mismo, sin dejar marcas u oponiendo resistencia, al contrario que la otra probeta. Esta segunda sí se vio más afectada por las bajas temperaturas, costando más doblarla sobre sí misma y dejando más marcas de la acción.

En el bioplástico con cáscara se notaba la ausencia de deformación elástica, como en el resto de los ensayos, siendo la distancia entre las pinzas casi constante todo el rato, oscilando entre 1 y 2 milímetros de distancia para las cargas más pesadas. También decreció la capacidad de aguantar carga, rompiendo antes que en las condiciones estándar: a aproximadamente 613 gramos.

El otro bioplástico también soportaba menos cargas antes de llegar a rotura (254 gramos), aunque en este caso la distancia entre pinzas era mayor que en el ensayo estándar: llegando a 5 milímetros para la máxima carga que se detectó. Es importante destacar que se mantenía la deformación elástica por encima de la plástica (siendo esta última casi inexistente para este tipo de bioplástico).

3.6. Ensayo de impacto

En este ensayo, se sometió a las probetas al impacto de un cuchillo de 60 gramos desde distintas alturas para ver cómo reaccionaban ambos materiales. En el material sin reforzar, se realizaron las pruebas para un grosor de menos y de más de 5 milímetros y se comprobó que el cuchillo perforaba el material siempre, independientemente de la altura a la que se soltase.

Posteriormente se hizo la misma prueba con el material reforzado pasa dos grosores distintos y se constató que resistía dicho impacto hasta una cierta altura, al contrario que en el primer caso.

Tabla 1. Resultados del ensayo de impacto en material reforzado.

Muestra	Altura (cm)	2	2,5	3	3,5	4	4,5
Grosor < 0,5mm	Sí perfora			X	X	X	X
	No perfora	X	X				
Grosor > 0,5mm	Sí perfora						X
	No perfora	X	X	X	X	X	

4. Conclusiones

Los resultados que se obtuvieron a través de los ensayos confirman la hipótesis inicial de que la cáscara de nuez es capaz de mejorar algunos parámetros de los bioplásticos, haciéndolos más resistentes y duraderos.

Mediante el ensayo de tracción se confirmó que el material reforzado pierde capacidad de deformación elástica, a cambio de agrandar la carga que soporta antes de llegar a rotura, siendo casi el doble en la mayoría de los casos.

Concluyendo, al confirmar la conjetura inicial se acrecientan las expectativas del futuro del material, ya que cumple la función que se espera de él. Creemos que tiene una gran posibilidad de crecimiento si se logra llegar al momento de industrializarse. Por lo tanto, se ha obtenido una favorable innovación que es positiva hacia el medio ambiente, haciendo uso de un material del cual se puede sacar mucho más provecho del que se le saca actualmente, y es capaz de satisfacer la necesidad de los consumidores que buscan las propiedades que ofrece nuestro material.

5. Agradecimientos

Durante este proyecto hemos contado con el apoyo de nuestro profesor, ya que ha habido muchas dificultades durante el mismo por las circunstancias en las que nos encontramos en esta época de pandemia. Nos ha empujado a utilizar nuestro ingenio a pesar de no tener acceso a todos los recursos a los que en situaciones normales podríamos optar.

También agradecemos a nuestras familias hacer posible que este proyecto saliese adelante, ayudándonos a la obtención de materiales y su apoyo en todo momento.

6. Bibliografía

- [1] <https://www.sostenibilidad.com/medio-ambiente/que-son-los-bioplásticos/>
- [2] https://es.123rf.com/photo_92920769_dos-nueces-con-c%C3%A1scara-con-una-mitad-sin-c%C3%A1scara-con-nuez-moscada-aislado-sobre-fondo-blanco.html
- [3] <https://www.lifeder.com/bioplásticos/>