



POLITÉCNICA

Contents lists available at [POLI-RED](http://poli-red)

IngeniaMateriales

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



Bioplástico degradable

M. Alcaide, C. Collado, J. Sancho

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

INFORMACIÓN

Información del Proyecto:

Entrega anteproyecto 26 Febrero 2020

Entrega Proyecto 19 Mayo 2020

Disponible online 27 Mayo 2020

Keywords:

Fruta

Biodegradable

Ecológico

ABSTRACT

Es sabido que los plásticos son indispensables para el día a día. Sin embargo, su empleo conlleva un alto riesgo para la flora y fauna. El presente proyecto hemos querido enfocarlo hacia la sustitución de los LDPE (*Low Density Polyethylene*). Actualmente es difícil encontrar un buen sustituto de estos y por ello hemos creado, haciendo uso de pieles de fruta, una variedad de plásticos biodegradables, fáciles de crear y accesibles. Las conclusiones a las que llegamos se deben al equilibrio que hemos establecido entre los ensayos realizados, al compromiso con el medioambiente, y al interés económico del producto.

© 2020 ESTRUMAT 2.0. All rights reserved.

1. Introducción

“El plástico de un solo uso representa el 70 % de todas las basuras marinas” son palabras estipuladas por la Comisión Europea [1]. No obstante, por ahora, no se han encontrado materiales que realmente puedan sustituir a los plásticos convencionales derivados del petróleo.

Las actuales tendencias hacen que cada vez ganen más cuota de mercado los productos envasados y mejor presentados, lo que ha aumentado considerablemente el uso de filmes estirables como elemento con características higiénicas y estéticas. No podemos obviar que la imagen de los alimentos, envueltos con papel film, es una ventaja que consiste identificar el producto que protege, lo cual es atractivo para el consumidor.

Existen diversos elementos que hacen de los LDPE altamente tóxicos y difíciles de degradar, pero que al mismo tiempo le aportan sus características más atractivas. Una vez realizada la búsqueda de trabajos acerca de plastificantes alternativos para PVC, y analizados los resultados obtenidos, se ha encontrado abundante documentación relacionada con este tema. El DEHP (Ftalato de bis(2-etilhexilo) actúa como lubricante entre las cadenas del polímero; cuanto mayor es su proporción, mayor es la flexibilidad que se consigue. La Unión Europea estipula lo siguiente: “El DEHP es el plastificante más común utilizado en PVC...es un contaminante ambiental extendido, presente en la cadena trófica y en la alimentación humana” [2]. Un plastificante es una sustancia que, incorporada al plástico, incrementa su ductilidad, manejabilidad y elasticidad, disminuyendo la dureza y rigidez. Las búsquedas realizadas en internet por año, nos muestran que existe un incremento en cuanto a la obtención de nuevos plastificantes libres de ftalatos, de origen natural y de baja toxicidad como, por ejemplo, el epoxi estearato de octilo derivado de ácidos grasos epoxidados o también el Aceite de linaza epoxidado. Estos compuestos poliméricos ayudarían a los bioplásticos a adquirir las propiedades mecánicas de los plásticos convencionales; en este caso, la elasticidad que caracteriza al papel film. Así mismo, como mostraremos posteriormente, nuestros bioplásticos no conducen la electricidad, esto es una ventaja ya que, si no fuera así, las interacciones intermoleculares serán más fuertes y habrá mayor rigidez a causa de la atracción.

La idea de que los bioplásticos son un producto que tecnológicamente está creciendo, así como el interés por sustituir los viejos plásticos y buscar nuevas alternativas, es un hecho. Grandes campos ya invierten en bioplásticos como la agricultura, donde los sustitutos para las películas para mantillo son las que presentan mayores posibilidades de crecimiento por las ventajas que ofrecen al inhibir el crecimiento de hierbas y mantener la humedad del suelo. O en medicina donde los bioplásticos se utilizan como relleno del hueco dejado tras una extracción dental ayudando a una más rápida curación.

Las nuevas restricciones implantadas por la Unión Europea harán que cada vez más las empresas se vean obligadas a apostar por el uso y desarrollo de bioplásticos. El papel principal en el crecimiento del mercado de los bioplásticos lo tienen los propietarios de marcas, supermercados y consumidores que deben apreciar el valor que estos materiales aportan al crecimiento sostenible.

Desde el punto de vista medioambiental, la propia Comisión lo admite en su nota de prensa: “los plásticos llegan a nuestros pulmones y nuestras mesas, ya que los microplásticos están presentes en el aire, el agua y los alimentos, con efectos desconocidos para nuestra salud” [3]. En los países desarrollados el proceso de reciclaje es efectivo, sin embargo, donde más afectan los residuos es en los países subdesarrollados, debido a los pocos recursos tecnológicos. Es por ello por lo que la introducción de los bioplásticos puede ser de gran ayuda en el impacto medioambiental, no sólo en occidente sino alrededor del mundo.

Los plásticos contaminan mayoritariamente a nivel físico, por eso muchos animales se ven afectados por no saber gestionar bien el reciclado. Cabe mencionar la visión que tiene la sociedad en cuanto a esta industria; los últimos años se ha visto un incremento de “lobbies” hacia la producción de plásticos desechables, por eso la concienciación de los consumidores hacia materiales más respetuosos con el medio ambiente, junto con mejoras en los precios son los factores claves de éxito para que los nuevos plásticos biodegradables puedan alcanzar cuotas de mercado muy superiores a las actuales.

En el presente artículo se mostrarán las diversas frutas empleadas para el desarrollo de los bioplásticos, así como los distintos materiales que también contribuirán a reducir la contaminación de los suelos y los mares.

2. Materiales y métodos

2.1. Materiales

Los materiales para la elaboración han sido los siguientes:

- Agua de uso corriente
- Vinagre
- Glicerina
- Maicena
- Metabisulfito (Na₂S₂O₅)
- Colorante alimentario (opcional)
- Diversas frutas

El agua es el mejor disolvente, pero no interactúa de la misma manera en el material si es pura o con sales disueltas. El vinagre servirá para romper las cadenas poliméricas de amilopectina del almidón de la maicena, que son necesarias para dar propiedades mecánicas semejantes a la de los plásticos. La glicerina se utilizará para darle flexibilidad al bioplástico. Se empleará el metabisulfito como conservante. Por último, las frutas serán la base para dar lugar a la biodegradación.



Fig. 1. Mezcla de almidón de patata

2.2. Métodos

De forma general, el proceso se llevará a cabo de la siguiente manera. En una olla se mezclará la maicena, el vinagre y la glicerina; además del colorante (opcional). Se calentará la mezcla y removerá hasta que tome una textura espesa. Dependiendo de las frutas usaremos las cáscaras licuadas u obtendremos el almidón de estas (plátano y patata). Más tarde se mezclará junto con todo lo anterior hasta que se haga una mezcla homogénea.

Finalmente se extenderá sobre una base plana y se dejará reposar; algunas frutas se tendrán que dejar reposar al sol.

Para los ensayos de tracción, torsión, degradación, conductividad eléctrica, dureza y durabilidad se han utilizado los siguientes instrumentos de medidas y materiales:



Fig. 2. Instrumentos de medida

- Agua de uso corriente
- Agua salina
- Lejía
- Alcohol
- Bicarbonato
- Vinagre (ácido acético)
- Micrómetro
- Pesa maletas
- Horno
- Buscapolos
- Fuente de alimentación
- Regla milimetrada
- Mechero
- Cuchillo
- Moneda de cobre
- Lima
- Cuarzo

Para cada material se han utilizado 11 probetas y todas han sido normalizadas con las siguientes medidas:

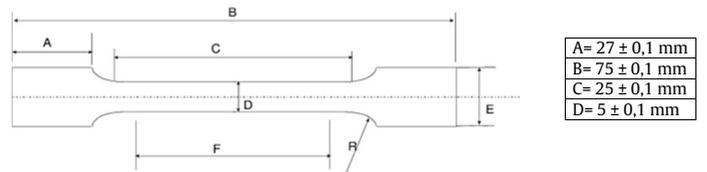


Fig. 3. Esquema y dimensiones de las probetas utilizadas para los ensayos de resistencia a tracción

Para calcular la sección se tendrá que tener en cuenta que la medida es indirecta, ya que usamos una operación matemática para calcularla; además el espesor se ha medido con un micrómetro de precisión 0,001 mm. Para ello se han utilizado los procedimientos del cálculo de errores y el resultado final ha sido el siguiente:

Ejemplo:

$$S = D \times \text{Espesor} = 5 \times 2,343 = 11,715 \text{ mm}^2$$

$$\Delta S = S \left(\frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta E}{E} \right) = 11,715 \left(\frac{0,1}{5} + \frac{0,001}{2,343} \right) = 0,2393 \text{ mm}^2$$

Redondeando, el resultado final queda de la siguiente manera:

$$S = 11,715 \pm 0,2 \text{ mm}^2$$

Las secciones de las distintas probetas han tenido las siguientes medidas:

Tabla 1. Sección de las probetas utilizadas

Material de las probetas	Medidas
Sin fruta y sin metabisulfito	11,0 ± 0,2 mm ²
Manzana	5,7 ± 0,1 mm ²
Sin fruta (azul)	3,74 ± 0,08 mm ²
Naranja	4,26 ± 0,09 mm ²
Plátano 1	5,2 ± 0,1 mm ²
Naranja 2	2,91 ± 0,06 mm ²
Plátano 2	2,34 ± 0,05 mm ²
Plátano 3	3,67 ± 0,08 mm ²
Sin fruta (verde)	11,4 ± 0,2 mm ²



Fig. 4. Probetas usadas en los ensayos 1

La composición de las nueve probetas son las siguientes:

- Sin fruta y sin metabisulfito: dos cucharadas de todos los ingredientes mencionados al principio del artículo exceptuando las frutas y el metabisulfito.
- Manzana: piel de tres manzanas, 30 g de maicena, una cucharada de vinagre y de glicerina.
- Sin fruta con metabisulfito (azul): dos cucharadas de todos los ingredientes, exceptuando la fruta y colorante azul.
- Naranja 1: una cáscara y media de naranja, 200 ml de agua, una cucharada de glicerina, 30 g de maicena.
- Plátano 1: dos cucharadas de todo y tres plátanos para sacar el almidón de la cáscara.
- Naranja 2: dos cáscaras y media de naranja, 200 ml de agua, una cucharada de glicerina, 30 g de maicena. El proceso de elaboración ha sido mucho más riguroso que el de Naranja 1.

- Plátano 2: una cucharada de todo y mitad de metabisulfito que el resto de materiales tres plátanos para sacar el almidón de la cáscara.
- Plátano 3: dos cucharadas de todo, sin metabisulfito y tres plátanos para sacar el almidón de la cáscara.
- Sin fruta (verde): no tiene vinagre y dos cucharadas de todo

3. Resultados

Los resultados obtenidos han sido los que se muestran a continuación:

3.1. Ensayo de tracción

En este ensayo se pretende obtener sólo algunas de las propiedades mecánicas del material. Estas propiedades son la resistencia a tracción (Rm) y el alargamiento porcentual a rotura (A%). Debido al método empleado el límite elástico no ha podido ser hallado.

En el ensayo de tracción se ha usado un pesa-maletas con una resolución de 0,001 kg para cuantificar la carga administrada. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 2. Resultados de los ensayos de tracción. Se puede apreciar que la glicerina proporciona mucha elasticidad ya que la primera muestra es la que más se ha deformado

Material de las probetas	Resistencia a tracción (MPa)	Alargamiento porcentual a rotura (%)
Sin fruta y sin metabisulfito	0,80 ± 0,01	100
Manzana	1,46 ± 0,03	83
Sin fruta (azul)	0,183 ± 0,007	10
Naranja	0,41 ± 0,03	45
Plátano 1	0,98 ± 0,02	73
Naranja 2	0,202 ± 0,007	8
Plátano 2	1,34 ± 0,03	61
Plátano 3	0,240 ± 0,008	12
Sin fruta (verde)	0,241 ± 0,005	56

3.2. Ensayo de torsión

La realización de este ensayo ha consistido en determinar únicamente cuánto resisten las probetas a la hora de retorcerlas a mano. La cuantificación de dicha resistencia ha consistido principalmente en obtener la cantidad de vueltas que soportan.

Tabla 3. Ensayo de torsión. En la presente tabla se puede apreciar que la resistencia a torsión varía dependiendo de las proporciones

Material de las probetas	N.º de vueltas
Sin fruta y sin metabisulfito	3,5
Manzana	4
Sin fruta (azul)	7
Naranja	2
Plátano 1	8
Naranja 2	5
Plátano 2	9
Plátano 3	10
Sin fruta (verde)	4

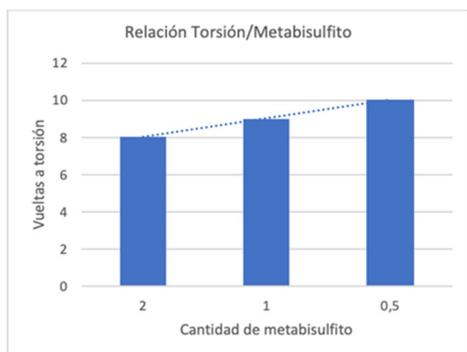


Fig. 5. En la tabla se puede apreciar que, en el caso de las probetas de plátano, la cantidad de metabisulfito influye en la capacidad de deformarse a torsión.

3.3. Prueba de conductividad eléctrica

Se ha podido demostrar mediante un circuito con bombillas que ninguna de las probetas conduce la electricidad. Cuando se integran en la malla y al hacer pasar una corriente la bombilla no luce. Todos los materiales tienen paso de e-, es decir, hay una diferencia de potencial la cual se mide con un buscapolos, el cual tiene un led que se enciende. Concretamente sólo hay dos materiales en los que al medirlos con el buscapolos hacen brillar muy poco las bombillas led, estos materiales son los siguientes: la manzana y la naranja.

Se podría haber llegado fácilmente a la conclusión de que todos ellos serían aislantes ya que los polímeros rara vez conducen la electricidad salvo en algunos casos especiales.

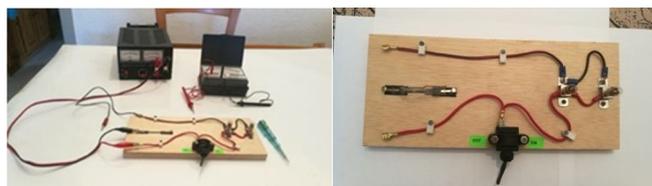


Fig. 6. En estas dos imágenes se pueden observar los equipos y el circuito. Se ha usado una fuente de alimentación regulable, un tester y un buscapolos para determinar si por la material pasa una diferencia de potencial. En la segunda imagen se puede observar la probeta colocada con unas pinzas que la sujetan.

3.4. Ensayo de dureza

La escala utilizada para determinar la dureza de los materiales ha sido la de Mohs, la cual se utiliza para materiales con una dureza intermedia. En este ensayo se han utilizado diversos materiales cotidianos para medirla tales como los que se especifican en dicha escala. Se podrá mostrar en las tablas adjuntas las diversas durezas que presentan los materiales; una tabla con la escala que usó Mohs y otra de los ensayos efectuados.

Tabla 4. Escla dureza de Mohs. Esta escala de dureza es una guía para realizar los ensayos

Dureza	Mineral	Se raya/raya a	Composición química
1	Talco	Se puede rayar fácilmente con la uña	Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂
2	Yeso	Se puede rayar con la uña con más dificultad	CaSO ₄ ·2H ₂ O
3	Calcita	Se puede rayar con una moneda de cobre	CaCO ₃
4	Fluorita	Se puede rayar con un cuchillo de acero	CaF ₂
5	Apatito	Se puede rayar difícilmente con un cuchillo	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (OH-,Cl-,F-)
6	Ortosa	Se puede rayar con una lija para el acero	KAlSi ₃ O ₈
7	Cuarzo	Raya el vidrio	SiO ₂
8	Topacio	Rayado por herramientas de carburo de wolframio	Al ₂ SiO ₄ (OH-,F-) ₂
9	Corindón	Rayado por herramientas de carburo de silicio	Al ₂ O ₃
10	Diamante	El material más duro en esta escala (rayado por otro diamante)	C

Tabla 5. Resultados de las diversas durezas

Dureza	Material	Se raya con / raya a	Comportamiento
1	Todos	Uña (friable)	Ningún material consigue desmenuzarse
2	Naranja	Uña (raya)	Únicamente el material de naranja es el que se deja marcar
3	Naranja	Moneda de Cobre	El material queda muy rayado, los demás no
4	Naranja	Cuchillo	Se rompe, el resto de materiales se marcan
5	Todos	Lima	Los demás se rayan mucho
6	Todos	Cuarzo	Sólo algunos llegan a romper

Se puede llegar a la conclusión de que el material compuesto por naranja es el que tiene menos dureza, concretamente una dureza 2, el resto de materiales su dureza está en una escala de 4.

3.5. Resistencia frente al fuego

Se comparan los plásticos convencionales con nuestro bioplástico. Al arder los plásticos desprenden gases muy tóxicos para el medioambiente como pueden ser el CO₂ o el CO. Con un mechero el bioplástico tarda mucho más en prender que los derivados del

petróleo (debido al agua en su interior), los gases emitidos son mucho menos nocivos.



Fig. 7. Probetas observadas con lupa

3.6. Resistencia frente al calor

Las probetas se han sometido a una prueba de resistencia al calor introduciéndolas en un horno convencional en el cual se ha regulado la temperatura en distintos intervalos de tiempo para observar la evolución del comportamiento de los diversos materiales. Se han determinado unos intervalos de tiempo y temperatura los cuales se muestran en la figura adjunta. Los resultados han sido los siguientes:

Tabla 6. Tabla de intervalos de tiempo y temperatura

Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0 - 50	65
50 - 65	75
65 - 80	100
85 - 95	150

- Probeta sin fruta y sin metabisulfito: a los 70 min y 75 °C empieza a deformarse y a los 95 min y 150 °C deja de tener la misma transparencia que antes de someterla a la prueba; sin embargo, el material no sufre quemaduras.
- Probeta de naranja 1: a los 7 min y 65 °C empieza a coger color y a los 75 min y 75 °C empieza a deformarse. Cuando han transcurrido 85 min y 100 °C el material se torna completamente negro y a los 95 min y 150 °C se calcina.
- Probeta de plátano 2: a los 80 min y 100 °C comienza la deformación del material y a los 85 min y a la misma temperatura se ennegrece. Finalmente se calcina a los 95 min y 150 °C.
- Sin fruta (azul): a los 80 min y 100 °C pierde su color anterior y se transforma en un tono marrón hasta llegar a ser completamente negro a los 87 min. Transcurridos 95 min, el material se calcina.
- Sin fruta (verde): a los 85 min y 100 °C adopta un color blancuzco, ya no es tan verdoso y se deforma. A los 90 min es totalmente blanco y al terminar el ensayo pasados los 95 min hasta alcanzar una temperatura de 150 °C el material no se quema.
- Plátano 3: a los 15 min y 75 °C se deforma y se ennegrece a los 88 min hasta calcinarse a los 95 min.
- Naranja 2: a los 20 min y 65 °C se deforma y a los 85 min y 100 °C se torna a un color negruzco. Finalmente se calcina a los 95 min.
- Manzana 1: a los 75 min y 100 °C se deforma hasta ennegrecer a los 85 min. Se calcina a los 95 min.
- Plátano 1: comienza la deformación a los 55 min y 65 °C; a los 85 min está completamente negro. Se calcina al finalizar el tiempo de ensayo.

Se puede observar que a los 80 min todos los materiales adquieren un color oscuro, se calcinan, pero no implica la desintegración, simplemente significa que el tomo es muy oscuro. Transcurridas las 24 horas todas las probetas han vuelto a coger flexibilidad, aunque al sacarlas del horno su estado era de extrema fragilidad. Dicha recuperación de la flexibilidad es debida a la absorción de la humedad.



Fig. 8. Estado de las probetas después de haberlas sometido a temperaturas extremas en un horno convencional

3.7. Resistencia al frío

Como bien es sabido, el frío no existe ya que es una manera coloquial de decir que hay una falta de calor, es decir, una falta de energía interna y por ende una falta del movimiento de las partículas que componen al material. Para este ensayo se ha usado un congelador.

Tras 72 h y a -20 °C de temperatura los materiales no han sufrido ningún tipo de desgaste que se pueda observar a simple vista. Después de dejarlos a la intemperie a unos 23 °C durante 10 min hasta alcanzar las 2 h, no se observan cambios significativos ya que no se quedan impregnados por el agua, encogen o rigidizan. Esto puede ser debido a las cadenas que componen a estos termoplásticos, ya que para que rigidizan y el material adquiera fragilidad se tendría que impedir el giro de la molécula del polímero y para ello las temperaturas tienen que ser aún más bajas.

3.8. Ataque microbiano

Se ha podido comprobar que cuando no se ha añadido vinagre o metabisulfito durante la elaboración a los materiales, éstos experimentan ataques por parte de microorganismos como el moho. Suelen aparecer al cabo de unos cuatro días. Ello es una evidencia de otras de las propiedades del vinagre que son útiles para el desarrollo de estos nuevos productos y en comparación con el metabisulfito es mejor ya que es mucho más fácil de conseguir y es menos costo.



Fig. 9. Muestra de material elaborado sin fruta y sin vinagre. En la imagen se puede apreciar las zonas con moho.

En esta última prueba a la que se han sometido los materiales se ha procedido a introducir las probetas en medios acuosos, los cuales están compuestos por disoluciones de agua y otros fluidos. En la Tabla 7 se recogen todos los datos que se han podido obtener en el transcurso de la prueba de degradación.



Fig. 10 Muestras en distintos medios de degradación

Tabla 7. Muestras en distintos medios de degradación. Se puede apreciar que la lejía es el degradante más potente y que el agua pura y con bicarbonato sódico no tienen mucho efecto. La probeta de naranja es la que peor resiste

Material	Sin fruta sin metabisulfito	Manzana 1	Sin fruta azul	Naranja 1	Plátano 1 doble	Sin fruta verd	Plátano 3 doble	Plátano 2 normal	Naranja 2	Manzana 2
Agua	No 72h	No 72h más blando	Si, 72h	Si, 14h	No 72h	No 72h pierde color	No 72h más suave	No 72h	Si, 1h	No 72h más blando
Sal	No 72h	No 72h	Si, 72h	Si, 3h	No 72h	No 72h pierde color	No 72h más suave	No 72h más blando	Si, 1h	No 72h
Bicarbonato	No 72h	No 72h	No 72h pierde todo el color	Si, 24h	No 72h se vuelve más duro	No 72h pierde color y se curva	Si, 27h	No 72h	Si, 10h	No 72h
Lejía	Si, 24h	Si, 72h	Si, 14h	Si, 14h	Si, 14h	Si, 15h	Si, 14h Totalmente 24h	Si, 14h Totalmente 24h	Si, 1h	Si, 72h
Alcohol	No 72h blanquecino	No 72h	No 72h pierde color	Si, 2h	No 72h más suave	No 72h más blando y suave	No 72h más blando	No 72h	Si, 1h Totalmente 72h	No 72h más suave
Vinagre	No 72h blanquecino	No 72h	No 72h suave	Si, 2h Totalmente 30h	No 72h	No 72h pierde color	No 72h más suave	No 72h	Si, 1h	No 72h

4. Conclusiones

Con los resultados obtenidos de los ensayos de nuestros bioplásticos, se puede concluir que el material que presenta mejores propiedades mecánicas es el de base plátano, en cualquiera de sus concentraciones. Se ha podido comprobar que tienen mayor resistencia a tracción, a torsión y que su alargamiento porcentual a rotura disminuye en función de las proporciones añadidas durante la elaboración. Mientras que el material de base naranja ha demostrado tener mucha fragilidad y poca dureza, degradándose ante la presencia de líquidos. Si bien el mayor alargamiento porcentual se ha observado en el bioplástico sin fruta y sin metabisulfito, pero la ausencia de este último lo hace más vulnerable ante ataques microbianos, pues tanto el vinagre como el metabisulfito han resultado beneficiosos para evitar la aparición de moho.

Todos los bioplásticos producidos son aislantes térmicos, lo cual es beneficioso para obtener bajas densidades. Los más duros son los de plátano y manzana.

Los ensayos de estabilidad térmica realizados entre -20 y 100 °C demuestran que, a diferencia de los plásticos convencionales, nuestros bioplásticos soportan temperaturas ligeramente superiores a temperatura ambiente (~55 °C) sin deformarse, lo que permite su manejabilidad y uso diario. Es más, tras quemarse y absorber humedad vuelven a ser flexibles.

Todos los bioplásticos resisten 72h a -20 °C sin sufrir cambios significativos.

Concluimos, por consiguiente, que los mejores bioplásticos en cuanto a propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas etc., son los tres plásticos fabricados con plátano y el de manzana.

En cuanto al coste los 26 bioplásticos con una dimensión cada uno de 42x28 cm calculamos un precio de 0,52 €/plástico. Cabe mencionar que se puede prescindir del metabisulfito o vinagre, con uno de ellos basta para que el material resista a los ataques microbianos.

5. Agradecimientos

Aprovechamos este espacio para agradecer a Elena Tejado por sus consejos los cuales nos han ayudado a darle una mejor visión al proyecto. También agradecemos a José Ignacio Pastor por la función de guía que ha desempeñado para nosotros y el resto de compañeros; por su entusiasmo en el desarrollo de las presentaciones y el proyecto en general. Del mismo modo, agradecemos a los antiguos alumnos de Estructura de Materiales II por sus trabajos, pues nos han servido de referencia para el nuestro.

6. Bibliografía

- [1] https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/ftalatos-material-escolar/glosario/def/dbp-dibutilftalato.htm
- [2] <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/3/2015/E S/3-2015-2067-ES-F1-1.PDF>
- [3] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/IP_18_3927
- [4] <https://es.scribd.com/document/329521179/5-Determinacion-de-Pectinas-en-Algunas-Frutas-Manzana-y-Man-go>
- [5] <http://scitechconnect.elsevier.com/wp-content/uploads/2016/10/Commercial-applications-of-bioplastics.pdf>
- [6] <https://ijpras.com/storage/models/article/uzjXZ7mqpTJsW1Dsv69Cwsj7EGThTGSCuBoswzOombBdkRkPjU9OuxdFGnjtf/biodegradable-plastic-production-from-fru-it-waste-material-and-its-sustainable-use-for-green-appli.pdf>
- [7] https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/11097/tesi_sUPV3552.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [8] <https://www.mexpolimeros.com/eng/index.html>
- [9] <http://ocw.uc3m.es/cursos-archivados/caracterizacion-de-materiales/p>
- [10] <https://core.ac.uk/download/pdf/12393489.pdf>
- [11] http://ractivas-2/Practicas_de_DSC.pdf
- [12] <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/115107/TFG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [13] <http://quimipur.com/pdf/ftalato-dioctilo.pdf>
- [14] <https://plasfi.com/productos/polioil-poliester/>
- [15] <https://ecoinventos.com/bioplasticos-a-partir-de-residuos-de-fruta/>
- [16] http://vector.ucaldas.edu.co/downloads/Vector9_4.pdf
- [17] https://www.researchgate.net/publication/257652567_BIOPLASTICOS
- [18] <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/02/aditivos-y-rellenos-para-polimeros.html>