

# REFORZAMIENTO DE BIOPLÁSTICOS DE PROTEÍNA DE GUISANTE MEDIANTE TRATAMIENTO TÉRMICO

**Pablo Cuartero<sup>1</sup>, Víctor Perez-Puyana<sup>1</sup>, Mercedes Jiménez-Rosado<sup>1</sup>, Inmaculada Martínez<sup>2</sup> y Alberto Romero<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Sevilla, Sevilla*

<sup>2</sup>*Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Ciencia de los Materiales, Universidad de Huelva, Huelva*

E-mail de correspondencia: [pabcuagar@us.es](mailto:pabcuagar@us.es)

## RESUMEN

La acumulación de plásticos ha generado la necesidad de crear envases biodegradables que al mismo tiempo permitan la conservación eficiente de los productos. En este sentido, los bioplásticos a partir de subproductos son una alternativa prometedora, pero debido a sus limitadas propiedades necesitan tratamientos adicionales para competir con los plásticos convencionales. Entre ellos, el reforzamiento físico es de especial interés, ya que no genera problemas de toxicidad. De esta forma, el objetivo general de este trabajo fue desarrollar bioplásticos mediante moldeo por inyección, usando concentrado proteico de guisante y glicerina como plastificante, así como un método físico de reforzamiento mediante tratamientos térmicos a diferentes condiciones. Así, se compararon diferentes bioplásticos en función de sus propiedades fisicoquímicas, mecánicas y funcionales. Los resultados de las propiedades fisicoquímicas dan indicios de la presencia de reacciones secundarias durante los tratamientos térmicos. Esto conduce a una mejora de las propiedades mecánicas de los bioplásticos, aunque reduce su capacidad de absorción de agua. Estos bioplásticos abren una vía para el uso de bioplástico como alternativa a los plásticos convencionales.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el uso masivo de plásticos convencionales supone un grave problema para el medio ambiente, dicho problema proviene de la producción de dichos plásticos y de su acumulación. Para intentar solucionar el problema expuesto, en este trabajo se plantean los bioplásticos como solución. Según “European Bioplastics”, los bioplásticos son aquellos plásticos de origen biológico, o biodegradable o ambas cosas.

Cabe destacar que esta solución colabora de forma directa con algunos de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y, además sigue la hoja de ruta marcada por el Pacto Verde Europa a finales de 2019.

El principal problema que tienen los bioplásticos es que poseen peores propiedades mecánicas que los plásticos convencionales, por esto, el objetivo de esta investigación es el desarrollo de bioplásticos a partir de un concentrado de proteína de guisante usando tratamientos térmicos como reforzamiento físico para la mejora de sus propiedades.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

Para la fabricación de bioplásticos se usó proteína de guisante como biopolímero y glicerina como plastificante (relación 60/40 proteína/plastificante), mezclando a 25°C durante 10 min a 50 rpm. Posteriormente, a partir de la masa se fabrican los bioplásticos mediante moldeo por inyección. Las condiciones del moldeo fueron 50°C como temperatura de cámara de preinyección, 130°C como temperatura de molde, 500 bares durante 20 segundos en la presión de inyección y 200 bares durante 200 segundos como presión post-inyección.

Tras esto, se llevó a cabo un tratamiento térmico a diferente temperatura (50 y 120°C) y tiempo (4 y 24 h). A continuación, se llevó a cabo la caracterización de los diferentes sistemas:

### Grado de entrecruzamiento

Para determinar el grado de entrecruzamiento se hizo una extracción de las proteínas disponibles en el bioplástico en un disolvente y se aplicó el método de Markwell. El grado de entrecruzamiento se determina tomando como referencia el sistema sin ningún tratamiento adicional.

### Caracterización Mecánica

Se realizaron ensayos dinámicos de flexión, en concreto barridos de deformación para determinar el rango viscoelástico lineal y barridos de frecuencia, presentando los valores del módulo elástico y la tangente de delta a 1 Hz ( $E'_1$  y  $\tan(\delta)_1$ ). Además, se realizaron ensayos de tracción estática según la norma ASTM D638-14, determinando la deformación en la rotura, módulo de Young y esfuerzo máximo.

### Caracterización Funcional

Se determinaron la capacidad de absorción de agua y pérdida de material soluble siguiendo las ecuaciones 1 y 2. Para ello, se introdujo el bioplástico en agua durante

24 h y se determinó su peso antes ( $P_1$ ) y después ( $P_2$ ). A continuación, se seca la probeta en el horno a 120°C durante 1 hora ( $P_3$ ).

$$\% \text{Capacidad de absorción de agua: } \frac{P_2 - P_1}{P_1} * 100 \quad (1)$$

$$\% \text{Pérdida de material soluble: } \frac{P_1 - P_3}{P_1} * 100 \quad (2)$$

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Grado de entrecruzamiento

Los resultados del grado de entrecruzamiento se muestran en la Tabla 1. Se observa como todos los sistemas han sufrido un aumento del grado de entrecruzamiento, destacando el sistema de 120°C/24h (25% aprox.).

**Tabla 1.** Grado en entrecruzamiento (Grado Entrecr.) y resultados de los parámetros correspondientes a la caracterización mecánica.

	Grado Entrecr. (%)	$E'_1$ (Pa)	$\tan(\delta)_1$	Tensión Máxima (MPa)	Deformación rotura (mm/mm)	Módulo Young (MPa)
Referencia	-	$8,09 \cdot 10^6$ <sup>a</sup>	0,257 <sup>a</sup>	2,80 <sup>i</sup>	0,62 <sup>+</sup>	64,29*
50°C/24h	16,8 <sup>A</sup>	$2,61 \cdot 10^9$ <sup>β</sup>	0,351 <sup>a</sup>	2,60 <sup>i</sup>	0,66 <sup>+</sup>	58,75*
120°C/4h	14,4 <sup>A</sup>	$2,62 \cdot 10^9$ <sup>β</sup>	0,261 <sup>a</sup>	5,70 <sup>ii</sup>	0,22 <sup>++</sup>	216,93**
120°C/24h	24,3 <sup>B</sup>	$3,28 \cdot 10^9$ <sup>β</sup>	0,189 <sup>b</sup>	7,90 <sup>iii</sup>	0,17 <sup>++</sup>	238,33**

#### 3.2. Caracterización mecánica

Según la Tabla 1, se puede observar como todos los sistemas sufren un aumento significativo del módulo elástico respecto al sistema de referencia, aunque no existen diferencias significativas entre los sistemas. Por otro lado, salvo el sistema 120°C/4h no hay variaciones significativas en  $\tan(\delta)_1$ .

Según los parámetros obtenidos de los ensayos de tracción (Tabla 1), se observan las diferencias entre estos dos comportamientos: los sistemas de 120°C son más rígidos con mayor tensión máxima superior y módulo de Young pero menos deformables con menor deformación en la rotura. Sin embargo, el sistema de 50°C no sufre ninguna diferencia significativa respecto al sistema de referencia. Por último, vemos que si prolongamos el tratamiento térmico de 120°C la tensión máxima sufre un aumento significativo respecto al sistema de 120°C/4h.

### 3.3. Caracterización funcional

En la Tabla 2 se concentran los resultados de la caracterización funcional. Cuando se aplica el tratamiento térmico con 120°C, se observa que cuanto más tiempo dure este, menor será la capacidad de absorción de agua, encontrando diferencias significativas en el tratamiento de 120°C/24h. En cambio, con un tratamiento térmico de 50°C/24h sucede todo lo contrario, aumenta la capacidad de absorción de agua de manera significativa. Además un tratamiento térmico más intenso conduce a una menor pérdida de material soluble.

**Tabla 2.** Capacidad de absorción de agua y pérdida de material soluble.

	% Absorción de agua	% Pérdida material soluble
<b>Referencia</b>	92,53 ± 4,14 <sup>A</sup>	47,65 ± 1,83 <sup>α</sup>
<b>50°C/24h</b>	107,65 ± 1,99 <sup>B</sup>	49,90 ± 0,81 <sup>α</sup>
<b>120°C/4h</b>	80,75 ± 5,29 <sup>A</sup>	41,56 ± 2,76 <sup>β</sup>
<b>120°C/24h</b>	46,48 ± 2,19 <sup>C</sup>	36,06 ± 1,37 <sup>γ</sup>

## 4. CONCLUSIONES

A modo de conclusión general, se puede afirmar que en los tratamientos térmicos la temperatura juega un papel muy importante, de ella depende la variación de las propiedades del bioplástico, demostrando que es posible modular el tratamiento térmico (tiempo y temperatura) en función de las propiedades requeridas asociadas a una aplicación.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero del Gobierno de España (MINECO/FED-ER, EU) por la concesión de un proyecto (Ref. RTI2018-097100-B-C21). Los autores agradecen el apoyo de la Junta de Andalucía junto a la Universidad de Sevilla por la concesión de un contrato postdoctoral a Víctor Manuel Pérez Puyana, gracias al Fondo Social Europeo (Convocatoria 2019-20).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ASTM D638-14.** (2014). *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*.

**Felix, M., Perez-Puyana, V., Romero, A., & Guerrero, A.** (2016). Production and Characterization of bioplastics obtained by injection moulding of various protein systems. *Journal of Polymers and the Environment*, 25: 91-100.

**Pérez-Puyana, V., Félix, M., Romero, A., & Guerrero, A.** (2016). Development of pea protein-based bioplastics with antimicrobial properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97:2671-2674.