

# **ESTUDIO DE LA ELIMINACIÓN DEL PLASTIFICANTE EN MATRICES PROTEICAS DE SOJA CON ZINC INCORPORADO**

**Mercedes Jiménez-Rosado\*, María Alonso-González, Antonio Guerrero, Alberto Romero**

*Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Sevilla, Sevilla (España).*

E-mail de correspondencia: [mjimenez42@us.es](mailto:mjimenez42@us.es)

## **Resumen**

Actualmente, existe la necesidad de desarrollar nuevas técnicas más sostenibles para la incorporación de fertilizantes al cultivo. Así se ha planteado la liberación controlada de estos fertilizantes a partir de matrices proteicas biodegradables de soja. No obstante, su técnica de obtención se debe optimizar, ya que supone una incorporación inicial de micronutrientes muy elevada con respecto a la que queda retenida en la matriz. Por este motivo, el objetivo del presente trabajo fue mejorar la etapa de eliminación del plastificante para no perder tanto micronutriente en el proceso. Para ello, se cambió el medio acuoso usado para la eliminación del plastificante, en matrices proteicas de soja, con glicerina (plastificante) y sulfato de zinc heptahidratado ( $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), por otro en el que el micronutriente fuera menos soluble (etanol) y se evaluó la capacidad del medio para la eliminación del plastificante y la retención de micronutriente por parte de la matriz. Los resultados demostraron que es posible optimizar el proceso, obteniendo matrices con mayor retención de micronutriente.

## **1. Introducción**

Últimamente, la producción hortícola ha aumentado, registrándose un aumento del 22,9% en los últimos 10 años (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2018). No obstante, el terreno de cultivo no ha variado, haciendo que los agricultores tengan que sobreexplotarlos para abastecer al mercado.

Para poder realizar esta sobreexplotación, los agricultores usan fertilizantes para nutrir a los suelos de los nutrientes necesarios para el crecimiento de los cultivos, que no son capaces de regenerarse tan rápidamente. Este amplio uso de fertilizantes ha llevado a la contaminación de aguas subterráneas y subsuelo, haciendo que sea interesante

buscar una alternativa a su uso (Havlin *et al.*, 1999). En esta línea, hay investigaciones que lo incorporan en matrices proteicas para que tengan una liberación controlada que no contamine el medio. No obstante, su obtención no está optimizada, teniendo una gran pérdida de nutrientes cuando se elimina el plastificante (Jiménez-Rosado *et al.*, 2018) economic and environmental benefits, these biopolymer matrices are highly attractive for the incorporation and subsequent release of micronutrients that are essential for the development and health of plants, avoiding the typical excesses of conventional fertilizers. In addition, soy protein isolate (SPI).

Por este motivo, el objetivo principal de este trabajo es la optimización de la etapa de eliminación de plastificante para minimizar la pérdida de nutrientes en esta etapa. Para ello, se han usado matrices proteicas de soja con zinc incorporado.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1. Materiales**

El aislado proteico de soja (APS) se utilizó como matriz proteica. Este fue suministrado por Protein Technology International (Bélgica) con un mínimo de 91% en peso de proteína. Como plastificante se utilizó la glicerina (G). Por último, el sulfato de zinc monohidratado ( $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) se usó como sal que incorpora el micronutriente. Tanto G como  $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  fueron suministrados por Panreac Química S.A. (España).

### **2.2. Preparación de las matrices**

La preparación de las matrices siguió el mismo protocolo realizado en estudios anteriores (M. Jiménez-Rosado *et al.*, 2018) economic and environmental benefits, these biopolymer matrices are highly attractive for the incorporation and subsequent release of micronutrients that are essential for the development and health of plants, avoiding the typical excesses of conventional fertilizers. In addition, soy protein isolate (SPI). Así un 45% de APS, 45% de G y un 10%  $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  se homogenizaron en una mezcladora PolyLab QC (ThermoHaake, Alemania) a 50 rpm en condiciones adiabáticas durante 10 min. Luego, la masa obtenida se procesó mediante un moldeo por inyección usando una inyectora MiniJet Piston Injection Moulding System II (ThermoHaake, Alemania) para conseguir bioplásticos. En esta etapa, los parámetros seleccionados fueron una temperatura de cilindro y molde de 40 y 90 °C respectivamente; una presión de inyección de 600 bar durante 20 s y una presión de post-inyección 200 bar durante 300 s. Estos bioplásticos se sometieron a un tratamiento térmico en un horno a 50 °C durante 24 h para reforzar su estructura.

Una vez obtenidos los bioplásticos reforzados, se debe eliminar la glicerina de los mismos. Para ello, se evalúan tres etapas de inmersión diferentes: agua ( $H_2O$ ), etanol (EtOH) y una mezcla 1:1 de ambas (1:1  $H_2O$ :EtOH) usando 300 ml de extractante durante 12 h. Cabe mencionar, que el EtOH se eligió debido a la poca solubilidad del  $ZnSO_4 \cdot H_2O$  en él, planteando la hipótesis de que con este medio se conseguían tener matrices finales con más carga de micronutriente.

Finalmente, las matrices obtenidas tras la inmersión pasan por una etapa de liofilizado para eliminar el medio por sublimación y obtener así las matrices finales. Para ello, se usó un liofilizador LyoQuest (Teslta, España) donde las muestras se sometieron a 0,1 mbar y -80 °C durante 24 h.

### **2.3. Caracterización de las matrices**

#### *Control de la eliminación del plastificante*

Mediante estudios anteriores se sabe que G se elimina completamente mediante una inmersión en  $H_2O$  (Jiménez-Rosado *et al.*, 2019). Para comprobar que con EtOH también se elimina completamente se realizó un análisis termogravimétrico (TGA) de la muestra. Para ello, se usó un analizador termogravimétrico Q600 donde la muestra se sometió a un tratamiento térmico desde 25 a 600 °C con una velocidad de calentamiento de 10 °C/min.

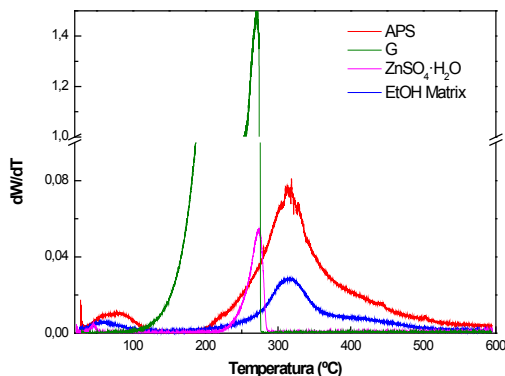
#### *Determinación de la cantidad de zinc incorporado*

La cantidad de zinc incorporado en las matrices después de ser sometidas a los diferentes medios de extracción se obtuvo mediante espectrometría de emisión atómica plasmática acoplada inductivamente (ICP-AES). Para ello, las matrices se sometieron a una digestión ácida para luego pasar en forma de aerosol por una antorcha de plasma a 6000 K. Todo esto, se realiza en un espectrómetro SpectroBlue-TI (Alemania).

## **3. Resultados y discusión**

### **3.1. Control de la eliminación del plastificante**

Los TGA de las diferentes materias primas y la matriz tratada con EtOH se muestran en la Figura 1. Como se puede observar, la matriz tras la inmersión en etanol presenta los picos característicos de la sal y la proteína, solapados entre 250 y 400 °C, pero no presenta el pico característico de la glicerina (100-250 °C). Esto demuestra que tras 12 h de inmersión en EtOH, la matriz queda sin glicerina retenida, siendo por tanto un medio válido para la eliminación del plastificante.



**Figura 5.** Análisis termogravimétrico de las materias primas y la matriz tras su inmersión en EtOH.

**Fuente:** elaboración propia.

### *3.2. Determinación de la cantidad de zinc incorporado*

Tras los ensayos de ICP-AES se puede confirmar la hipótesis propuesta ya que tras la inmersión con EtOH la retención de Zn en la matriz es de un 61%, siendo superior a la retención que se obtenía con la inmersión en agua (19%). La mezcla 1:1 H<sub>2</sub>O:EtOH tiene una retención del 39%, que aun siendo superior que la de la inmersión en agua, no llega a los valores de la inmersión en EtOH debido a la cantidad de agua que hay en el medio que solubiliza la sal.

## **4. Conclusiones**

Las matrices proteicas de soja han demostrado ser materiales con un elevado potencial para su uso en horticultura debido a su capacidad para la retención y posterior liberación de zinc. Además, se ha podido optimizar su procesado para mejorar su rendimiento a la hora de retener micronutrientes gracias a la inmersión en etanol. Todo esto llevando a una mejor acogida de estas matrices en el sector industrial actual.

## **Agradecimientos**

Este trabajo forma parte de un proyecto financiado por MICINN (RTI2018-097100-B-C21). Los autores agradecen su apoyo financiero. A su vez, los autores agradecen la beca predoctoral de Jiménez-Rosado (FPU2017/01718). Finalmente, los autores también agradecen al CITIUS (Universidad de Sevilla, España) por proporcionar todo el acceso y asistencia al servicio de microanálisis.

## **Referencias bibliográficas**

- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., y Nelson, W. R.** (1999). *Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management*. Prentice Hall.
- Jiménez-Rosado, M., Pérez-Puyana, V., Cordobés, F., Romero, A., y Guerrero, A.** (2018). Development of soy protein-based matrices containing zinc as micronutrient for horticulture. *Industrial Crops and Products*, 121, 345–351. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.039>
- Jiménez-Rosado, M., Perez-Puyana, V., Cordobés, F., Romero, A., y Guerrero, A.** (2019). Development of superabsorbent soy protein-based bioplastic matrices with incorporated zinc for horticulture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(10), 4825-4832. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9738>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.** (2018). Data on food and agriculture. Recuperado el 13 de octubre de 2019, de: <http://www.fao.org/>