

Efecto de la humedad en el cambio de color de materiales biodegradables impresos 4D de policaprolactona (PCL) modificados con extracto de zarzamora

Blanca Marisol Dominguez-Martinez^{1*}, Alejandra Olvera -Morales¹, Elizabeth Pérez- Barrera¹, Gonzalo Velazquez- De La Cruz², Ana Laura Martínez-Hernández¹, Carlos Velasco-Santos²

¹ División de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Querétaro, Querétaro, Querétaro, México

² CICATA-QRO, Instituto Politécnico Nacional, Querétaro, Querétaro, México

* Autor de correspondencia: b_marisol_dominguez_m@yahoo.com.mx

Desarrollo Sustentable. Materiales sustentables. Ponencia Virtual.

Recibido: 16 de junio de 2023

Aceptado: 25 de agosto de 2023

Publicado: 23 de noviembre de 2023

Palabras clave: Materiales biodegradables, impresión 3D, PCL, zarzamora

Introducción. El consumidor actual demanda materiales de empaque amigables al medio ambiente con propiedades funcionales superiores a los que existen en el mercado, por lo que este proyecto se centra en el desarrollo de materiales poliméricos inteligentes por impresión 4D, usando como matriz policaprolactona (PCL) y extractos de zarzamora. La impresión 3D, también conocida como fabricación aditiva, se basa en el principio de la fabricación por capas según un diseño asistido por ordenador o plantillas (Yan et al., 2018) que se pueden producir a medida de las necesidades del cliente, con características superiores que pueden lograrse gracias a la impresión 4D, la cual es una variante de la impresión 3D. La impresión 4D es una evolución de la tecnología 3D, cuya definición se basa en una impresión 3D realizada con materiales especiales que se adaptan al entorno con el que interactúan (Kiryukhin et al., 2018). Por lo que el objetivo de este trabajo es caracterizar los materiales con respecto a su interacción con el vapor de agua para garantizar la funcionalidad de los materiales propuestos.

Materiales y Métodos. Se realizaron extractos de zarzamora mediante campos eléctricos pulsados, molienda y filtración con una mezcla al 50% v/v de alcohol etílico del 96° y ultra sonicación durante 10 min. Con este extracto se prepararon mezclas de PCL con zarzamora para la elaboración de filamentos para impresión 4D utilizando un Filabot EX2. La impresión 3D de PCL se realizó con una Impresora 3D Creality CR-10S Pro V2, mientras las impresiones 4D de PCL y zarzamora fueron con un lápiz de impresión 3D Creality de baja temperatura. Al material impreso se le midió la permeabilidad a 30 °C y 75% de humedad mediante cambio de peso vs tiempo. Para obtener las isothermas de sorción de las películas se utilizó el método estático de microclimas y se aplicó el modelado de GAB. El color se determinó utilizando un colorímetro digital portátil de 4mm, utilizando la escala CIE L*, a*, y b*, utilizado para medir el impacto en el color de la interacción de agua en el material.

Resultados. En la Figura 1 se observa que la adición de extractos de zarzamora modificó la matriz permeable, ya que la permeabilidad se vio alterada disminuyendo con respecto a los materiales comerciales de PCL, esto nos indica que los poros en el material disminuyeron de manera significativa, lo que funciona para aplicarse en alimentos líquidos.

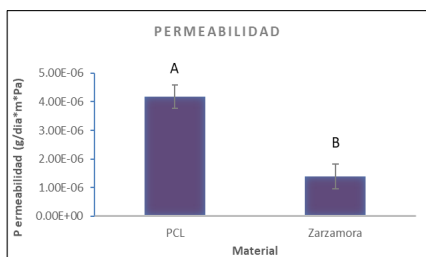


Figura 1. Permeabilidad de materiales impresos de PCL y PCL con zarzamora. Por otro lado el modelado de GAB (Figura 2) mostró que el material impreso con extracto de zarzamora es un material más hidrofílico a comparación del PCL lo que indica que tiene mayor afinidad con el agua y esto se vio reflejado en el estudio de color (Figura 3) que denotó cambios significativos en la coloración de los materiales a humedades de 57.7% y 75% de humedad, que sobre todo en el parámetro b* que va de

tonalidades azules a amarillas y el parámetro L* que mide la luminosidad del material que se puede correlacionar con el blanco, que nosotros referiremos como una degradación de color, lo que nos indica que puede ser un estímulo que se puede adicionar a los que ya se han estudiado previamente con las antocianinas por cambios de pH en el medio (Arazola, Herazo, & Alvis, 2014).

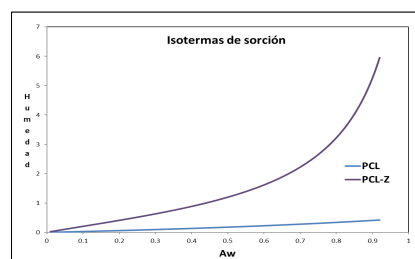


Figura 2. Modelado de GAB de isothermas de sorción de materiales impresos

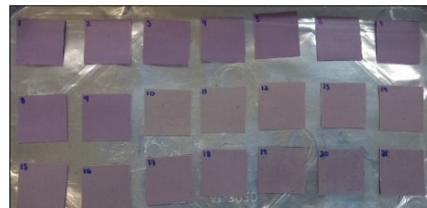


Figura 3. Cambio de coloración en materiales elaborados

Conclusiones. Los estímulos analizados en antocianinas mediante cambios de pH son muy notorios en el cambio de color, sin embargo el cambio de color en materiales expuestos a diferentes humedades ayuda a adicionar un nuevo estímulo que puede ser usado en la elaboración de empaques inteligentes para denotar un cambio tanto enzimático como de ambiente en los alimentos, la permeabilidad obtenida denota que el material es lo suficientemente impermeable para poder trabajar con alimentos líquidos pero por su afinidad con el agua puede usarse en alimentos sólidos también. Por otro lado, los materiales elaborados brindan una gran opción de reemplazo contra materiales de empaque no biodegradables ya que las matrices elaboradas a partir de residuos agroindustriales favorecen la sustentabilidad al darle valores agregados a los residuos, además considerando que hay una gran necesidad en el mercado de opciones biodegradables sobre todo en colorantes, en este caso las antocianinas de los extractos de zarzamora nos presentan una buena opción de colorantes funcionales para interactuar con matrices biodegradables que minimicen el daño actual que ocasionan los materiales derivados de petróleo.

Bibliografía.

- Arazola, G., Herazo, I., & Alvis, A. (2014). Obtención y Evaluación de la Estabilidad de Antocianinas de Berenjena (*Solanum melongena* L.) en Bebidas. *Información tecnológica*, 25(3), 43-52. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642014000300007>
- Kiryukhin, M. V., Lau, H. H., Goh, S. H., Teh, C., Korzh, V., & Sadovoy, A. (2018). A membrane film sensor with encapsulated fluorescent dyes towards express freshness monitoring of packaged food. *Talanta*, 182, 187-192. doi: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.01.085>.
- Yan, Q., Dong, H., Su, J., Han, J., Song, B., Wei, Q., & Shi, Y. (2018). A review of 3D printing technology for medical applications. *Engineering*, 4(5), 729-742. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2018.07.021>