

MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES EN FUNCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE ALMACENAMIENTO

Aguirre-Loredo R.Y.*; Velázquez G.

CICATA Querétaro, Cerro Blanco No.141, Colonia Colinas del Cimatarío, CP 76090, Santiago de Querétaro, Querétaro, México. * gvelazquezd@ipn.mx

RESUMEN

Las películas comestibles o biodegradables son una alternativa a los materiales sintéticos utilizados actualmente en la industria alimentaria. Las propiedades funcionales de las películas biodegradables están influenciadas por su estructura y composición. La interacción con la humedad modifica la estabilidad y el rendimiento de los materiales de empaque biodegradables. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la humedad relativa del ambiente (HR) sobre las propiedades mecánicas de las películas a base de alcohol polivinílico (PVOH), simulando condiciones a las cuales el material podría ser almacenado. Las propiedades mecánicas de películas de PVOH se modificaron significativamente por el contenido de humedad del material cuando se expone a HR mayor a 50 %. El porcentaje de elongación de las películas aumentó con el incremento del contenido de humedad. Mayor contenido de humedad en las películas derivó en un material más blando, disminuyendo la tensión a la fractura y el módulo de Young. Este comportamiento se explica por el efecto de plastificación de las moléculas de agua adsorbidas por las películas de PVOH. Los resultados obtenidos proporcionan información importante para entender el comportamiento de las películas biodegradables de alcohol polivinílico como material de envasado de alimentos.

ABSTRACT

Edible or biodegradable films are an alternative to synthetic materials used in food industry. Functional properties of biodegradable films are influenced by structure and composition. The interaction with moisture modifies the stability and performance of biodegradable packaging materials. The objective of this work was to study the effect of environmental humidity on the mechanical properties of polyvinyl alcohol-based films (PVOH). Results showed that PVOH films absorb up to 30 % moisture at high relative humidity. Mechanical properties of PVOH films were significantly modified by the equilibrium moisture content of the material when exposed at RH higher than 50%. The percentage of elongation at breaking of the films increased as the moisture content of the material increased. Higher moisture content in the films resulted in a softer material reflected in a decreasing of tensile strength and the Young's modulus. This behavior is explained by the plasticizing effect of the water molecules adsorbed by the PVOH films. The results give important information to understand the performance of biodegradable polyvinyl alcohol films as food packaging.

Palabras clave: películas biodegradables, propiedades mecánicas, humedad relativa

Área: Microbiología y Biotecnología

INTRODUCCIÓN

Debido al uso excesivo de polímeros sintéticos, se ha buscado una alternativa ecológica para los materiales de empaque utilizados en la conservación de alimentos. Una tecnología alternativa son las películas biodegradables. Para la adecuada conservación de un alimento es necesario que el empaque posea propiedades funcionales y de barrera adecuadas a cada tipo de producto y condición de almacenamiento o transporte. Se desea que sea poco permeable a gases, para reducir la pérdida de peso y de calidad del alimento, así como también de propiedades mecánicas que permitan una adecuada manipulación del alimento. Cuando una película hidrofílica se aplica en un alimento o se expone a condiciones de almacenamiento de alta humedad relativa, la película absorbe agua, modificando sus propiedades funcionales debido a un efecto plastificante del agua adsorbida del ambiente (Zhang y Han, 2008). La plastificación depende del grado de interacción de las cadenas poliméricas del material que conforma la película con las moléculas de agua adsorbidas. Debido a que la mayoría de los productos alimenticios contienen una actividad de agua alta y/o que son almacenados en ambientes húmedos, es fundamental conocer el comportamiento de las películas biodegradables bajo éstas condiciones. Los resultados obtenidos en el presente estudio ayudarán a su adecuada aplicación y almacenamiento, así como a la comprensión del desempeño del material como una alternativa de empaque alimentario. Ésta información ayudará a tomar decisiones sobre la manera de modificar y garantizar una óptima aplicación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración de la película

La solución formadora de películas se obtuvo disolviendo alcohol polivinílico en agua destilada (2 % p/v) y calentando a 70 °C hasta su completa disolución. Las películas se elaboraron por el método de vertido en placa. Posterior al secado, las películas fueron desmoldadas y acondicionadas a temperatura ambiente en un desecador sobre sílica gel hasta su análisis.

Isotermas de adsorción de agua

La isoterma de adsorción de agua fue realizada a 30 °C por método gravimétrico. Los análisis de sorción se realizaron en recipientes herméticos conteniendo soluciones salinas sobresaturadas para obtener distintos valores de humedad relativa de equilibrio o actividad de agua (a_w) (Tabla I). Muestras acondicionadas de película con un tamaño de 40 x 20 mm fueron colocadas en los recipientes con las soluciones salinas. Después de 7 días las muestras fueron secadas hasta peso constante y pesadas en una balanza analítica para determinar la cantidad de agua absorbida.

Tabla I. Actividad de agua de soluciones sobresaturadas de sales utilizadas

Sal	a_w a 30 °C
LiCl	0.1128
MgCl ₂	0.3244
K ₂ CO ₃	0.4317
NaBr	0.560
NaCl	0.7509

KCl	0.8362
BaCl ₂	0.901

Se utilizó el modelo de GAB (Ec. 1) para describir la isoterma de adsorción y los parámetros x_m , C y K fueron determinados utilizando el método de mínimos cuadrados.

$$X = \frac{x_m C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)} \quad (1)$$

Donde x_m es la capacidad de sorción de la monocapa, C es una constante cinética relacionada a la sorción de monocapa, K es una constante cinética relacionada a la sorción en multicapas (Quirijns et al., 2005).

Propiedades mecánicas

Se evaluaron las propiedades de tensión a la fractura, módulo de Young y porcentaje de elongación a la fractura. Las muestras fueron recortadas en forma de "hueso de perro" acuerdo a las especificaciones de la norma ASTM D882-02 (ASTM, 2002) y acondicionadas por un periodo de 7 días a 30 °C a las mismas condiciones de humedad relativa del ambiente utilizadas en el análisis de isotermas de adsorción de agua. Se determinó el espesor de cada muestra de película en 10 puntos seleccionados al azar.

Se empleó un analizador de textura TA-XT (TA Plus, Lloyd Instruments) equipado con pinzas mecánicas con una separación inicial de 50 mm y operando a una velocidad de desplazamiento de 1 mm/s.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la isoterma de adsorción de agua se encontró que las películas de PVOH adsorben un 24 % de humedad cuando se exponen a condiciones ambientales de alta humedad relativa. A baja a_w , la pendiente de la curva fue menor, a mayor a_w (>0.75) la curva incrementó significativamente (Figura 1), lo cual puede ser consecuencia de la plastificación de la película por la presencia del agua adsorbida en su matriz estructural. Los parámetros x_m , C y K obtenidos con el modelo de GAB fueron 4.15, 5.52 y 0.92, respectivamente. Con el valor de x_m se encontró que cuando las películas de PVOH son acondicionadas a una $a_w < 0.43$ el agua adsorbida por el material se encuentra como una capa individual de moléculas de agua o monocapa interaccionando directamente con el material. A valores mayores de a_w , el agua se encuentra en forma de multicapas interaccionando más fuertemente con la monocapa que con el material.

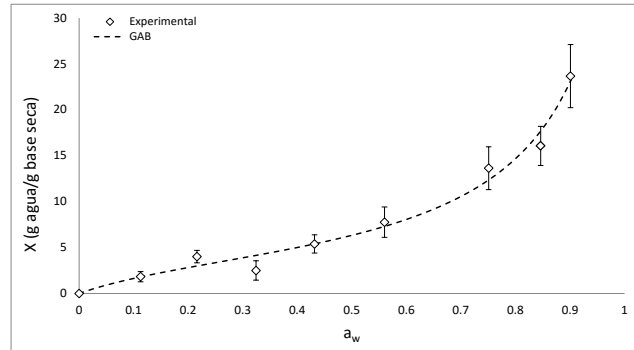


Figura 1. Isotherma de adsorción de agua de películas de PVOH. La línea corresponde al ajuste obtenido con el modelo matemático de GAB

En el presente estudio se encontró un efecto significativo de la humedad relativa del ambiente sobre las propiedades mecánicas de las películas de alcohol polivinílico. En la Figura 2 se observa el comportamiento de las propiedades mecánicas de las películas de PVOH. Conforme la HR del ambiente aumentó, la tensión a la fractura y el módulo de Young disminuyeron, mientras que el porcentaje de elongación a la fractura se incrementó. Este comportamiento se puede atribuir a la plastificación de la película causada por la adsorción de moléculas de agua presentes en el ambiente circundante (Hirase et al., 2010; Pittia y Sacchetti, 2008; Suppakul et al., 2013). En el presente estudio, la tensión a la fractura de las películas de PVOH disminuyó de 107.9 a 29.9 MPa en condiciones ambientales de HR de 0 y 90 %, respectivamente. Esta disminución ocasionada por el incremento en el contenido de humedad del material ocasionó un aumento de la fragilidad y en el porcentaje de elongación a la fractura desde 3.46 hasta 172.71 % en las mismas condiciones ambientales. Este efecto plastificante del agua sobre las propiedades mecánicas de películas hidrofílicas ha sido reportado por diversos autores (Suppakul et al., 2013; Kristo et al., 2008; Xiao et al., 2012).

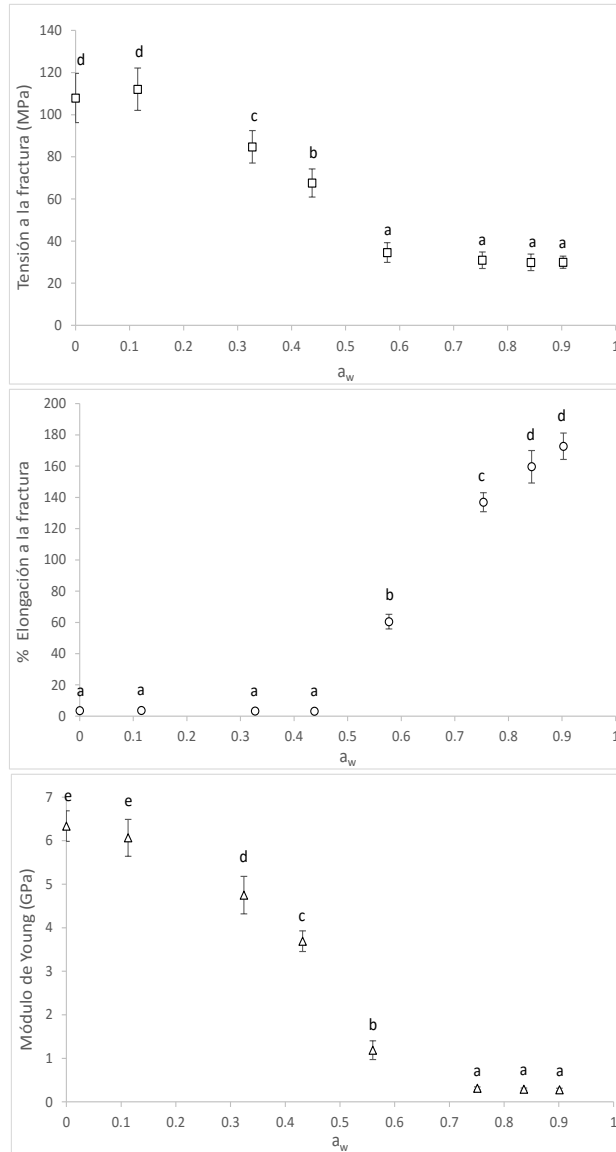


Figura 2. Propiedades mecánicas de películas de alcohol polivinílico en función de la humedad relativa del ambiente (HR en %)

CONCLUSIONES

Las películas de alcohol polivinílico fueron plastificadas por el agua adsorbida del ambiente, lo cual provocó cambios significativos en sus propiedades mecánicas. La humedad relativa del ambiente en el cual fueron almacenadas las películas provocó un aumento de más del 20 % en el contenido de humedad del material, contenido de humedad suficiente para modificar de manera importante el desempeño mecánico de las películas. El conocimiento del comportamiento de las películas hidrofílicas de PVOH al ser expuestas a diversos ambientes de humedad relativa es esencial al momento de decidir utilizarla sobre algún alimento o condiciones de almacenamiento para tomar decisiones acertadas y obtener el mejor provecho de la tecnología de empaques biodegradables.

BIBLIOGRAFÍA

- ASTM. (2002). D 882-02. *Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting*. Philadelphia, PA.: Annual Book of ASTM Standards. American Society for Testing and Materials.
- Hirase, R., Higashiyama, Y., Mori, M., Takahara, Y., Yamane, C. (2010). Hydrated salts as both solvent and plasticizer for chitosan. *Carbohydrate Polymers*, 80: 993-996.
- Kristo, E., Koutsoumanis, K. P., & Biliaderis, C. G. (2008). Thermal, mechanical and water vapor barrier properties of sodium caseinate films containing antimicrobials and their inhibitory action on *Listeria monocytogenes*. *Food Hydrocolloids*, 22(3), 373-386.
- Pittia, P., & Sacchetti, G. (2008). Antiplasticization effect of water in amorphous foods. A review. *Food Chemistry*, 106 (4), 1417-1427.
- Pittia, P., & Sacchetti, G. (2008). Antiplasticization effect of water in amorphous foods. A review. *Food Chemistry*, 106 (4), 1417-1427.
- Quirijns, E., van Boxtel, A. J., van Loon, W. K., & van Straten, G. (2005). Sorption isotherms, GAB parameters and isosteric heat of sorption. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1805-1814.
- Suppakul, P., Chalernsook, B., Ratisuthawat, B., Prapasitthi, S., & Munchukangwan, N. (2013). Empirical modeling of moisture sorption characteristics and mechanical and barrier properties of cassava flour film and their relation to plasticizing - antiplasticizing effects. *LWT - Food Science and Technology*, 50 (1), 290-297.
- Xiao, Q., Lim, L.-T., & Tong, Q. (2012). Properties of pullulan-based blend films as affected by alginate content and relative humidity. *Carbohydrate Polymers*, 87(1), 227-234.
- Zhang, Y., Han, J.H. (2008). Sorption isotherm and plasticization effect of moisture and plasticizers in pea starch film. *J Food Sci.*, 73: 313-324.