

Elaboración y caracterización de compósitos biodegradables en forma de placas flexibles a través del proceso de extrusión termoplástica

Aguilar-Palazuelos E¹., Jiménez-Arévalo O²., Martínez-Bustos F¹.

¹ Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, Unidad Querétaro.

² CIATEQ S.A. De C.V. Querétaro, México.

Email: fmartinez@qro.cinvestav.mx, aguilar10@gmail.com

1. Resumen

En las pasadas décadas los materiales de empaque fabricados de polímeros sintéticos elaborados principalmente de productos de petróleo han sido ampliamente usados a nivel mundial. Sin embargo cada vez existe una mayor concientización respecto a su degradación, incineración y daño a la capa de ozono. Una alternativa para tratar de disminuir este problema es la utilización de materiales biodegradables a partir de polímeros naturales como sustituto de los plásticos convencionales. En el presente trabajo fue evaluado el efecto de cuatro variables, temperatura de barril del extrusor (100-150°C), contenido de humedad (15-30%), plastificante (5-25%) y contenido de fibra (0-15%), utilizando un diseño experimental central compuesto híbrido. El proceso de extrusión se llevó a cabo en un extrusor de laboratorio de tornillo simple prototipo (marca CINVESTAV-Qro), empleando un tornillo con relación de compresión 1:1 y una matriz de salida de abertura rectangular de 20 x 1 mm; permaneciendo constante la velocidad de alimentación a 43 g/min y la velocidad de tornillo de 45rpm. Los cuatro factores evaluados presentaron efectos significativos sobre las propiedades mecánicas de las películas: porcentaje de elongación, módulo de Young, resistencia máxima, índice de solubilidad en agua, color, difracción de rayos X y perfiles de viscosidad. Por otra parte se encontró que las respuestas de color, la fibra y plastificante fueron los factores de mayor influencia en las películas obtenidas. El índice de solubilidad en agua fue incrementado con mayores contenidos de plastificante y humedad. Aunque se registró una zona de procesamiento con buenas propiedades de los materiales. Se fabricaron películas con diversas propiedades funcionales que potencialmente pueden ser aplicables a diversos tipos de envases y embalajes.

2. Introducción

Cada vez resulta más evidente que el uso de plásticos de larga duración para aplicaciones de vida corta no esta en absoluto justificado, especialmente cuando existe un peligro creciente de perturbación del medio ambiente. La mayoría de los plásticos y polímeros sintéticos actuales se obtienen a partir de productos petroquímicos. Los plásticos convencionales son persistentes en el medio ambiente, por lo que un tratamiento inadecuado de eliminación de estos es una

fuentes significativas de contaminación ambiental. La mayoría de las grandes ciudades en México no poseen un sistema eficaz de recolección y manejo de residuos sólidos, lo cual dificulta el manejo de las casi 32 millones de toneladas de desechos generados anualmente, de los cuales aproximadamente 7% son materiales plásticos no biodegradables. Una alternativa para tratar de disminuir este problema, es la utilización de polímeros biodegradables especialmente en la industria del envase y el embalaje. Por lo anterior en el presente trabajo nos hemos planteado como objetivo elaborar y caracterizar placas flexibles biodegradables a partir de almidón de maíz y fibra de bagazo de caña por medio del proceso de extrusión termoplástica.

3. Condiciones experimentales

3.1. Materias primas.

Se utilizó almidón de maíz marca “Almex” (Guadalajara, Jalisco), bagazo de caña de azúcar como fuente de fibra y glicerol como plastificante.

3.2. Proceso de extrusión.

El proceso de extrusión se realizó en un extrusor monorosca de laboratorio. El efecto de la temperatura, contenido de humedad, fibra y plastificante se varió de acuerdo a un diseño experimental previamente establecido. El resto de las variables de extrusión fueron constantes.

3.3 Metodología.

Los materiales obtenidos fueron caracterizados en base a análisis fisicoquímicos [índice de solubilidad en agua [1], color (ΔE)], ensayos mecánicos (módulo de Young, esfuerzo y deformación de acuerdo con la norma ASTM-D882-00, (2001)), perfiles de viscosidad usando un equipo Rapid Visco Analyzer (RVA) y rayos X

4. Resultados y discusión

4.1 Ensayos mecánicos.

Se encontró que fueron la temperatura de extrusión y el contenido de glicerol las variables que mayor efecto tuvieron sobre las propiedades mecánicas, disminuyendo los valores de módulo de Young (E), resistencia máxima (σ) e incrementándose los de elongación (ϵ) al aumentar el contenido de glicerol y disminuir la temperatura (**Figura 1**). Se ha reportado que un incremento en la severidad del proceso incrementa la degradación de materiales elaborados a

partir de almidón [2], lo cual pudo favorecer la liberación de cadenas cortas con una gran cantidad de grupos funcionales $-OH$, las cuales interactuaron entre si resultando en materiales mas rígidos, sin embargo un incremento en el contenido de glicerol posee un efecto plastificante el cual se incorpora evitando la formación de interacciones almidón-almidón que son uniones muy rígidas, sin embargo, favoreciendo interacciones almidón-plastificante-almidón las cuales son uniones que poseen mayor movilidad, como fue observado en el presente trabajo y de acuerdo a lo reportado por Yu y col. [3].

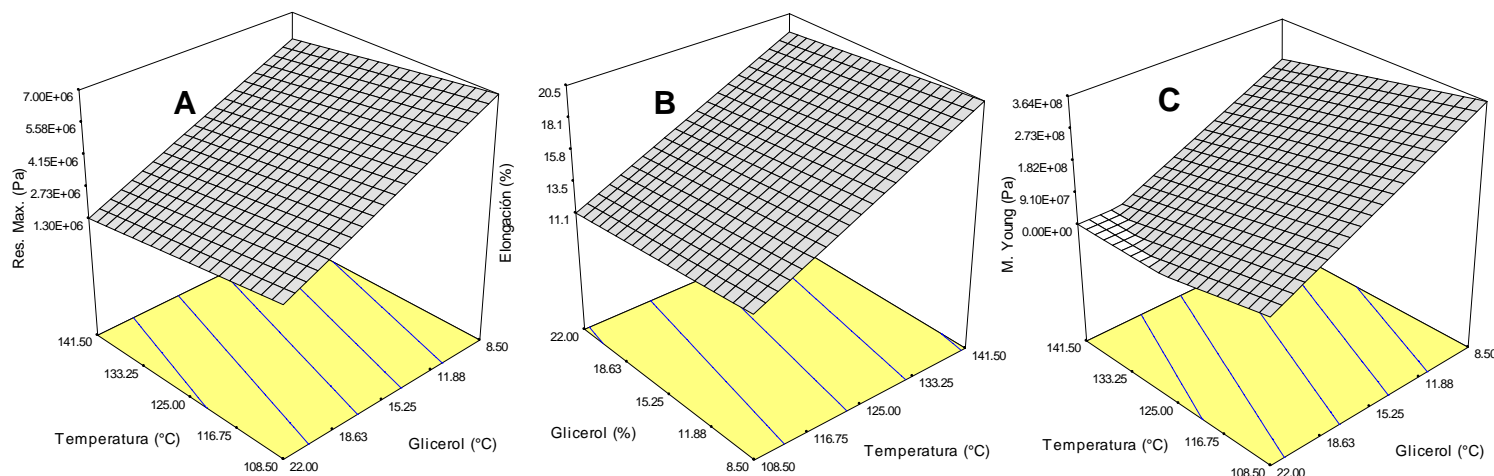


Figura 1. Comportamiento de las propiedades mecánicas (C; Módulo de Young, B; Elongación; A; Resistencia máxima), con respecto al contenido de glicerol y temperatura de extrusión a contenidos constantes de humedad (20 %) y fibra (10 %).

4.2 Análisis fisicoquímicos.

El ISA se vio principalmente afectado por el contenido de glicerol, incrementándose su valor al incrementar el contenido de este, esto posiblemente a una disminución en la severidad del proceso debido al efecto lubricante del glicerol (Datos no mostrados). Los gránulos de almidón son altamente insolubles en su estado nativo, sin embargo, al procesarlos estos pierden su estructura y se abren liberando una gran cantidad de azúcares que poseen una alta solubilidad [4].

En cuanto al cambio en el diferencial de color (ΔE) con respecto a las variables de estudio se encontró que únicamente el contenido de fibra presentó cambios significativos en ΔE , incrementándose este valor al incrementar el contenido de fibra, posiblemente la concentración de fibra oscureció la mezcla debido a los residuos de azúcares y lignina en la fibra, los cuales le confieren una coloración oscura (Datos no mostrados).

4.3 Rayos X.

Se encontró que todos los tratamientos presentaron un patrón típico de materiales amorfos perdiendo el patrón nativo del material, por efecto del procesamiento (Datos no mostrados). A condiciones severas de procesamiento, la estructura del almidón es completamente modificada, conduciendo a la formación de un difractograma de rayos X típico de un estado amorfo [5].

4.4 Perfiles de viscosidad.

Los perfiles de viscosidad de los tratamientos realizados en el presente indicaron un incremento en la degradación del material conforme se incremento la severidad del proceso (alta temperatura y contenido de fibra, y bajos contenidos de humedad y glicerol) concordando con lo reportado por Zeng y col. [6], sin embargo, un incremento de glicerol, disminuyó los valores de viscosidad, posiblemente debido la formación de interacciones almidón-fibra-plastificante (Datos no mostrados).

5. Conclusiones

Las cuatro variables estudiadas influenciaron el comportamiento de las respuestas evaluadas. Los análisis de solubilidad en agua se vieron principalmente afectados por contenido de glicerol. Los análisis de difracción de rayos X sugieren la posible formación de nuevas estructuras a condiciones severas de procesamiento (estructuras V_h) y que a bajo esfuerzo mecánico no se presentó una plastificación completa del material ya que aún se mantenía en parte el patrón nativo del almidón de maíz (patrón tipo A). Finalmente los análisis de perfiles de viscosidad sugieren la posible formación de interacciones almidón-fibra-plastificante, lo cual mejora las propiedades de flexión del material e impide que este se vuelva rígido y quebradizo.

6. Referencias

- [1]. Anderson RA, Conway HF, Pfeifer VF y Griffin Jr. EL. 1969. Gelatinization of corn grits by roll- and extrusion- cooking. *Cereal Sci. Today* 14(1): 4-12.
- [2]. Chinnaswamy R, and Hanna MA. 1988. Optimum extrusion-cooking conditions for maximum expansion of corn starch. *J. Food Sci.* 53:834-836,840.
- [3]. Yu J, Chen S, Gao J, Zheng H, Zhang J y Lin T. 1998. A study on properties of starch/glycerine blend. *Starch/Stärke.* 50(6):246-250.
- [4]. Sagar AD, and Merrill EW. 1995. Starch fragmentation during extrusion processing. *Polymer.* 33(9):1883-1886.
- [5]. Cairns, P., Morris, V. J., Singh, N., and Smith, A. C. 1997. X-ray diffraction studies on extruded maize grits. *Journal of Cereal Science.* 26(2):223-227.

- [6]. Zeng M, Morris CF, Batey IL y Wrigley CW. 1997. Sources of variation for starch gelatinization, pasting, and gelation properties in wheat. *Cereal Chem.* 74(1):63-71.