

Efecto del adelgazamiento de la fibra de caña de azúcar como refuerzo mecánico en láminas flexibles a base de almidón de maíz obtenidas por el proceso de extrusión.

Galicia-García T.¹, Martínez-Bustos F.¹, Jiménez-Arévalo O.A.², Aguilar-Palazuelos E.³, Velez-Medina J.¹

¹CINVESTAV-Unidad Querétaro. Libramiento Norponiente 2000. Fracc. Real Juriquilla. Qro, CP.76001

²CIATEQ. Av Retablo 150, Col. FOVISSSTE, Santiago de Querétaro, Qro CP. 76150.

³Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán Sinaloa CP 80000.
email: tgarcia@gro.cinvestav.mx, fmartinez@gro.cinvestav.mx, omar.jimenez@ciateq.mx, eaguilar@uas.uasnet.mx

1. Resumen

Almidón de maíz nativo grado alimenticio, fibra acondicionada en medio alcalino y plastificante fueron procesados en un extrusor monorosca (marca CINVESTAV, Querétaro, México), las condiciones de humedad (18.25-20.5%), fibra (0-10%) y temperatura (60-110°C) fueron establecidas en trabajos preliminares. De las láminas obtenidas fueron evaluadas sus principales propiedades mecánicas [resistencia máxima a la tracción (σ_{\max}), alargamiento a la ruptura (ϵ) y módulo de elasticidad (E)] de acuerdo a norma [1], y análisis microestructural mediante microscopia electrónica de barrido (MEB) de acuerdo a metodología [2, 3]. La significancia del modelo se justificó mediante el análisis de varianza (prueba F) y a través de los gráficos de superficie de respuesta la influencia de las variables. Se concluyó que: Las probetas con fibra tratada presentaron un incremento en las propiedades mecánicas σ_{\max} , ϵ y E, a diferencia de las probetas con fibra sin tratar. La fibra tratada puede ser utilizada como refuerzo mecánico en películas con espesores menores a 500 μm .

2. Introducción

El interés por encontrar nuevos usos en fibras naturales procedentes de co-productos agroindustriales han ido en aumento debido a su sobreproducción. La fibra de celulosa ha ganado atención en el refuerzo de matrices termoplásticas, principalmente por su origen renovable, baja densidad y costo, así como por la biodegradabilidad de sus derivados y posibilidades de reciclaje, lo que la hace una fuente idónea de materiales poliméricos de interés industrial. El adelgazamiento del área transversal de la fibra recientemente se ha realizado con la finalidad de separar a través de tratamientos físicos y químicos las microfibras del paquete que conforma la fibra y disminuir los residuos de células esponjosas presentes [4]. La extrusión de polímeros biodegradables como el almidón de maíz es una tecnología que se ha venido empleando con un amplio potencial para ser utilizados en el desarrollo de nuevos productos termoplásticos que pueden ser utilizados como materiales biodegradables.

3. Condiciones experimentales

3.1. Materias primas y acondicionamiento de la muestra.

Se utilizó almidón de maíz nativo grado alimenticio (Almex, México D.F), bagazo de caña de azúcar (Zafra 2005, Veracruz, México) como fuente de fibra y glicerol como plastificante (Sigma-Aldrich, Alemania), las concentraciones de humedad de la muestra (18.25-20.5%), fibra (0-10%) y temperatura de las 3 zonas (60-110°C) fueron establecidas de trabajos preliminares. La fibra a acondicionar fue tratada en un medio alcalino de acuerdo a metodología [4], con la finalidad de disminuir el área transversal. Las muestras de almidón, plastificante, fibra con y sin tratamiento, fueron mezcladas en proporciones establecidas de acuerdo al diseño experimental.

3.2 Procesamiento y caracterización de la muestra

La mezcla obtenida fue procesada en un extrusor de tornillo simple (CINVESTAV-Querétaro) para la obtención de láminas. Se obtuvieron probetas (20mm X 100 mm X 0.75 mm) y fueron caracterizadas en sus propiedades mecánicas mediante un analizador de textura TA-XT2 (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY/Stable MicroSystems, Haslemere, Surrey, UK) en donde se determinaron los parámetros: esfuerzo máximo ($\delta_{\text{máx}}$), alargamiento a la ruptura (ϵ) y módulo de elasticidad (E), de acuerdo a norma [1]. El análisis microestructural de la superficie, y corte transversal se realizó mediante Microscopia Electrónica de Barrido (MEB) (350X-150X) (Philips, XL30 ESEM, Eindhoven Holanda) [2, 5].

3.3 Diseño experimental y análisis de datos

Los valores de los niveles de variación, la codificación así como la matriz de diseño utilizada fueron analizados de acuerdo con un Diseño Central compuesto con 2 factores numéricos (contenidos de humedad y fibra) y 1 categórico (tratamiento alcalino). Fue establecido un mínimo de puntos centrales y replica del punto factorial, dando así un total de 10 unidades experimentales. La significancia del modelo se justificó mediante el análisis de la varianza (prueba F), y la influencia de las variables fue representada a través de los gráficos de superficie de respuesta. Los datos fueron analizados en paquete estadístico Desing Expert v 6.0.10 [6].

4. Resultados y discusión

A través del análisis de regresión se observó que la variable respuesta $\sigma_{\text{máx}}$ fue afectada por la interacción humedad-tratamiento en fibra ($p \leq 0.024$), ya que a concentraciones intermedias de humedad y fibra tratada se presentó un incremento significativo en comparación con los valores observados en fibra sin tratar (3.39 y 1.36 MPa respectivamente) (Figura 1a), este comportamiento pudo ser debido a una mejor incorporación de la fibra tratada por lo que al presentar menor área transversal (250 μm) favoreció la interacción con la matriz de almidón, incrementando así la resistencia al ser sometida a tracción [5, 7]. En la respuesta ε , la variable que más influyó fue la interacción fibra-tratamiento en fibra ($p \leq 0.022$); a concentraciones intermedias de fibra (5%) se presentaron altos valores de ε (5.61 y 18.73 MPa sin tratar y con tratamiento, respectivamente) (Figura 1b), la tendencia presentada es debida principalmente a que durante el procesamiento del material en el extrusor se obtiene una direccionalidad al flujo de proceso que favorece la incorporación de fibra con un diámetro menor (fibra tratada) [8, 9] favoreciendo así la interacción entre la fibra y la matriz de almidón. Para la respuesta E la variable que mas influyó fue el tratamiento con fibra tratada ($p \leq 0.042$), ya que a altas concentraciones de humedad se incrementó el valor de E (42.25 y 147.03 MPa)(Figura 1c) en fibra sin tratar y tratada respectivamente, este comportamiento corrobora las dos tendencias anteriores en donde la reducción de área transversal favorece la flexibilidad en películas obtenidas por el proceso de extrusión termoplástica [10].

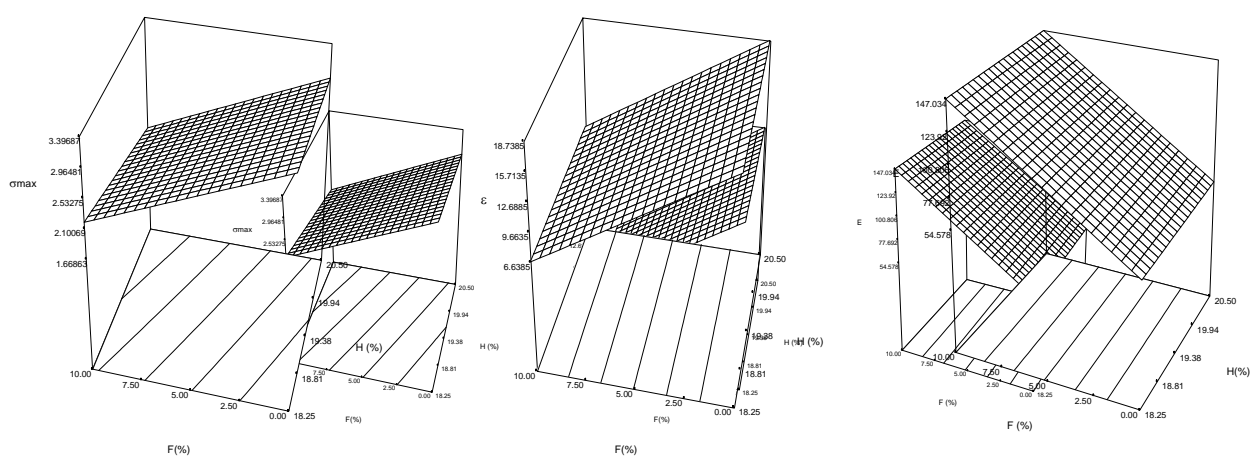


Figura 1. Gráficos de superficie de respuesta para las variables: a) resistencia máxima a la tracción ($\sigma_{\text{máx}}$), b) Alargamiento a la ruptura (ε) y c) Módulo de almacenamiento (E).

Mediante el análisis microestructural (MEB) en las microfotografías obtenidas, se observó que la fibra tratada presentó una mejor distribución en el espesor de la fibra, así como la ausencia de degradación debido a el tratamiento alcalino utilizado) (Figura 2).

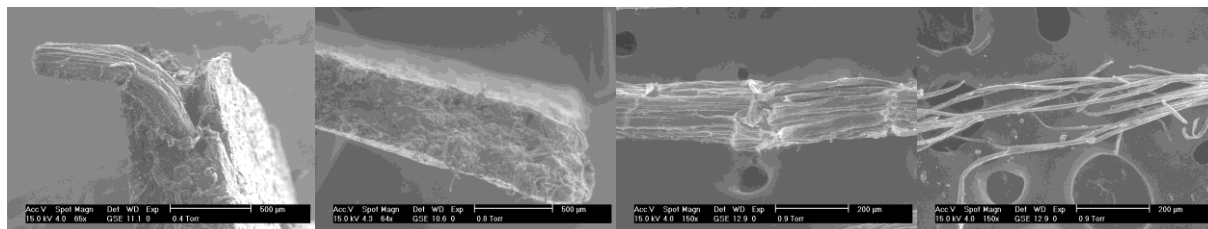


Figura 10. Microscopia electronica de barido en películas obtenidas por el proceso de extrusión (MEB). Vista transversal: a) película extrudida sin fibra tratada, b) película extrudida con fibra tratada, c) fibra sin tratar, d) fibra tratada.

5. Conclusiones

Probetas con fibra tratada presentaron un incremento en las propiedades mecánicas $\sigma_{\text{máx}}$, ϵ y E en comparación con las probetas con fibra sin tratar. El adelgazamiento de la fibra a través de medio alcalino alcanzó un diámetro menor a los 250 μm , además de que la concentración de reactivo y tiempo de reposo no representaron una degradación de la fibra que decreciera las propiedades mecánicas. El uso de fibra tratada representa un alto potencial a ser utilizada como refuerzo mecánico en películas biodegradables con espesores menores a los 500 μm .

6. Referencias

1. American Society for Testing and Materials- ASTM. 2001. Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting. ASTM D882-00. Philadelphia, ASTM v.08.01 9p.
2. Cáramez-Trejo, A., Paredes-López, O., and Reyes-Moreno, C. 1989. Microstructure of cotyledon cell from hard-to-cook common beans; *Starch/Stärke* 41(9): 335-339.
3. Zazueta-Morales JJ. 2003. Extrusión de maíz (*Zea mays* L.) azul: efecto del hidróxido de calcio sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales. Tesis de doctorado. Programa de postgrado en alimentos del centro de la republica. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Querétaro. UAQ. Santiago de Qro. Querétaro. México.
4. Wyman, EC., Dale, B, Elander TR, Holtzapple, M., Ladisch, R, Michel, Lee YY. 2005. Coordinated development of leading biomass pretreatment technologies. *Bioresourse Tech.* 96:1959-1966.
5. Trindade, G.W., Hoareau, W., Megiatto D.J., Razera, I.A.T., Castellan, A., and Frollini, E. 2005. Thermoset Phenolic Matrices reinforces with Unmodified and Surface-Grafted Furfuryl Alcohol Sugar Cane Bagasse and Curaua Fibers: Properties of Fibers and Composites. *Biomacromolecules*, 6, 2485-2496.
6. Stat-Ease. 2003. Design-expert version 6.0.5. Stat-Ease, Inc. East 2021 Hennepin Ave., Suite 1991. Minneapolis, MN 55413.

7. Al Arni, S., Zilli, M., Converti, A. 2007. Solubilization of lignin components of food concerní from sugarcane bagasse by alkaline hydrolysis. *Cienc. Tecnol. Aliment.* 5(4)271-277.
8. Morton-Jones. 1997. Procesamiento de plásticos. Ed LIMUSA-Noriega Editores. México D.F. Pag 13-25.
9. Guy Robin. 2001. Extrusión de alimentos. Editorial Acribia. S.A. Zaragoza España.
10. Tortora P.G, y Collier, B.J. 1997. Undestanding textiles . 5ª ed. NJ USA.