

EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE ARCILLAS ORGÁNICAMENTE MODIFICADAS EN LAS PROPIEDADES DE PELÍCULAS DE GLUTEN DE TRIGO

C. Lorenzo¹, P. Eisenberg^{1,2}

¹ INTI – PLÁSTICOS, San Martín. ² 3iA – UNSAM, San Martín, Buenos Aires

clorenzo@inti.gob.ar

OBJETIVO

Obtener materiales biodegradables a partir de proteína de gluten de trigo nanoreforzados con arcillas orgánicamente modificadas y evaluar las propiedades mecánicas, morfología y la permeabilidad al vapor de agua de las películas obtenidas a partir de estos materiales.

DESCRIPCIÓN

Introducción. La clave para mejorar las propiedades de los materiales biodegradables de origen agro-industrial mediante la incorporación de arcillas depende de la capacidad de optimizar la dispersión y las interacciones entre el refuerzo y la matriz polimérica a escala nanométrica, de manera de alcanzar un alto grado de intercalación/exfoliación de la estructura laminar de los silicatos (Barick *et al.*, 2011). Sin embargo, la diferencia química y estructural entre las proteínas y las partículas de arcilla dificulta la interacción y, en general, solo suelen obtenerse estructuras intercaladas o aglomeradas (Guilherme *et al.*, 2010).

Las proteínas, como el gluten de trigo, se caracterizan por la presencia de segmentos polares y no polares en las cadenas poliméricas. La incorporación de arcillas orgánicamente modificadas podría promover la compatibilidad entre el polímero y la arcilla, de manera mejorar la intercalación/exfoliación de las mismas en la matriz proteica y permitir la obtención de materiales con mejoras en sus propiedades.

Obtención de muestras. Para la formulación de los compuestos nanoreforzados (5%) se utilizó montmorillonita de sodio (MMT Na) sin modificaciones orgánicas y montmorillonitas orgánicamente modificadas comerciales (Cloisite® Southern Clay Products, Inc.). Los diferentes compuestos se indican según la identidad del refuerzo: WG (compuesto control), WG + MMT Na, WG + OMMT 93A, WG + OMMT 30B, WG + OMMT 10A, WG + OMMT 20A y WG + OMMT 15A. Los compuestos se obtuvieron en cámara de mezclado Brabender Plasticorder y se obtuvieron películas por termocompresión.

Evaluación de propiedades. El grado de intercalación/exfoliación de las arcillas en la matriz se evaluó por difracción de rayos X utilizando un equipo Philips 3020.

La permeabilidad al vapor de agua se midió según norma ASTM E96-05 Procedimiento A, método desecante a 23 °C y 50% HR.

El ángulo de contacto de las películas se midió utilizando un goniómetro DSA100. Se realizaron mediciones dinámicas utilizando agua deionizada como líquido de estudio.

Para la evaluación de propiedades mecánicas se utilizó una máquina universal de ensayos INSTRON, modelo 5569A, según norma ASTM D-638.

La morfología de los materiales se estudió por microscopía electrónica de barrido (SEM) de la superficie de fractura a temperatura de nitrógeno líquido de las películas obtenidas.

RESULTADOS

La presencia de distintos modificadores orgánicos genera no sólo un aumento en la distancia interlaminar de la arcilla natural (MMT Na) sino que aumenta su carácter hidrofóbico lo que podría mejorar la compatibilidad entre la arcilla y las regiones no polares de las cadenas proteicas.

Los patrones de difracción de rayos X (DRX) de las películas de gluten, las películas de gluten nanoreforzadas y de las arcillas se observan en la Fig. 1 según la identidad del refuerzo.

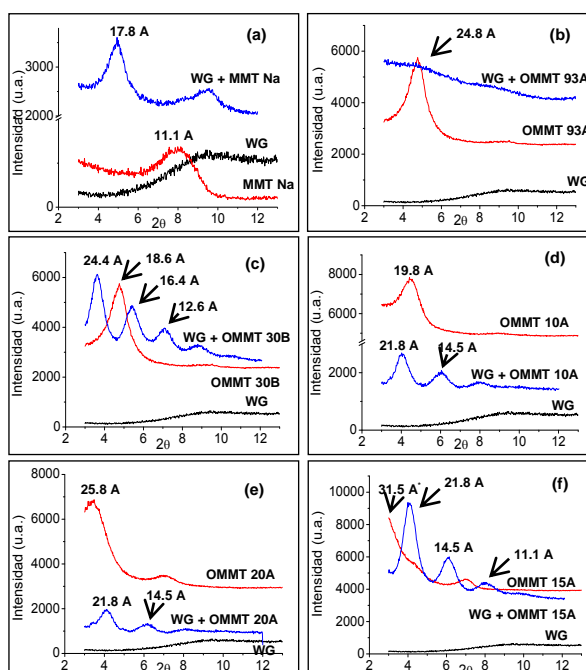


Figura 1. Difractogramas de películas de gluten, películas de gluten nanoreforzadas y de las arcillas. *Fuente: Southern Clay Products, INC.

El difractograma de la MMT Na muestra un pico de gran intensidad correspondiente a un espaciado interlamilar de 11.1 Å (Fig. 1a). Se observa un desplazamiento del pico característico de la arcilla hacia menores ángulos, consistentes con la presencia de estructuras intercaladas con mayor espaciado interlamilar. En los DRX asociados a la matriz de gluten nanoreforzada con arcilla OMMT 93A (Fig. 1b) se observa una importante disminución de la intensidad del pico característico de la arcilla que podría estar indicando que se ha alcanzado un alto grado de intercalación/exfoliación de la misma en la matriz polimérica. En el caso del compuesto nanoreforzado con OMMT 30B, se observa un desplazamiento del pico característico de la arcilla hacia ángulos menores indicando cierto grado de intercalación/exfoliación (Fig. 1c). La presencia de picos de difracción a ángulos 2θ mayores en el compuesto nanoreforzado podría estar indicando la presencia de estructuras intercaladas en distinta proporción, como agregados o aglomerados, que pudieron originarse durante el procesamiento. Un comportamiento similar se observa para el compuesto reforzado con OMMT 10A (Fig. 1d). Para los compuestos modificados con OMMT 20A y OMMT 15A (Fig. 1e y 1f) no se observa un comportamiento claro respecto al desplazamiento del pico característico de la arcilla.

En la Tabla 1 se observan los resultados obtenidos de la evaluación de la permeabilidad al vapor de agua (PVA) de las películas obtenidas. Se observa una importante disminución de la permeabilidad en todos los compuestos nanoreforzados frente a la película control. Este efecto se observa en compuestos nanoreforzados cuando se alcanzan altos grados de intercalación/exfoliación, lo que estaría indicando que se ha logrado una buena interacción entre la matriz y el refuerzo, dando lugar a un camino más tortuoso para el transporte de moléculas a través de la matriz proteica. Los resultados obtenidos sugieren que aún los compuestos en los que se observa la formación de aglomerados y tactoides, su dispersión en la matriz aumenta la tortuosidad del camino propuesto y, por tanto, presentan una importante disminución en la permeabilidad al vapor de agua.

El grado de hidrofobicidad superficial de las películas fue evaluado por medio de ensayos dinámicos de ángulo de contacto y en todos los casos los resultados concuerdan con el carácter hidrofóbico de la arcilla presente en el compuesto asociado al modificador orgánico. Se observó un aumento en la tensión a la rotura para el compuesto WG + MMT Na del

Tabla 1. Permeabilidad al vapor de agua de los compuestos obtenidos.

Compuesto	PVA ($\text{g s}^{-1} \text{m}^{-1} \text{Pa}^{-1}$)
WG	2.4E-10 (4.2E-11)
WG + MMT Na	1.8E-10 (8.0E-12)
WG + OMMT 93A	7.3E-11 (8.7E-12)
WG + OMMT 30B	9.6E-11 (1.4E-11)
WG + OMMT 10A	1.6E-10 (7.0E-12)
WG + OMMT 20A	9.8E-11 (1.2E-11)
WG + OMMT 15A	1.3E-10 (2.5E-11)

21% respecto al control, mientras que los compuestos reforzados con OMMT 30B, OMMT 93A y OMMT 15A no presentaron diferencias significativas. Los resultados obtenidos para el módulo de Young mostraron un aumento respecto al control para los compuestos WG + MMT Na, WG + OMMT 93A y WG + OMMT 15A, reflejados en un 31%, 26% y 33% respectivamente. El compuesto WG + OMMT 20A mostró un comportamiento mecánico diferente reflejado en una importante disminución en ambas propiedades frente al control que podría deberse a una incompleta dispersión de la arcilla en la matriz proteica debida a la incompatibilidad asociada a la diferencia de hidrofobicidades relativas. En las micrografías obtenidas por SEM se observaron diferencias en la morfología de los compuestos nanoreforzados en función del modificador orgánico presente en cada arcilla.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se observa que la incorporación de nanorefuerzos a la matriz proteica genera cambios en la morfología del compuesto resultante en función del modificador orgánico de la arcilla. A altas temperaturas de procesamiento se favorece la desnaturalización de la proteína y un mayor despliegue de las cadenas poliméricas con el consecuente reordenamiento de la estructura tridimensional que trae asociada la exposición de zonas hidrofóbicas y reactivas que pueden derivar en la formación de nuevos enlaces. Por otro lado, las altas temperaturas pueden generar mayor agregación de la proteína y la presencia de los distintos nanorefuerzos podría generar zonas de distinta nucleación. La combinación de estos efectos genera una perturbación en la morfología de los compuestos nanoreforzados respecto al control que podría influir tanto en las propiedades mecánicas como en el comportamiento frente al vapor de agua de los distintos materiales.

REFERENCIAS

- Barick, A., Tripathy, D. (2011). Effect of Organically Modified Layered Silicate Nanoclay on the Dynamic Viscoelastic Properties of Thermoplastic Polyurethane Nanocomposites, *Applied Clay Science*, 52, 312-321.
- Guilherme, M., Gastaldi, E. (2010). Synthesis of Nanocomposites Films from Wheat Gluten Matrix and MMT Intercalated with Different Quaternary Ammonium Salts by way of Hydroalcoholic Solvent Casting, *Composites: Part A*, 41, 375-382.