

Propiedades mecánicas y fisicoquímicas parciales de películas preparadas con harina de plátano verde acetilada

J.J. Islas-Hernández, R.A. González-Soto, G.A. Retana-Gervacio

Instituto Politécnico Nacional Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Departamento de Desarrollo Tecnológico Carretera Yautepec-Jojutla, Km. 8, calle CEPROBI No. 8, Col. San Isidro, Yautepec, Morelos, México. C.P. 62731. rsoto@ipn.com

RESUMEN: La elaboración de películas a partir de polímeros naturales surge como una alternativa para disminuir la contaminación, causada por los desechos plásticos, los cuales se acumulan en el ambiente a gran velocidad. Con la finalidad de eludir esta problemática se pretende buscar alternativas con productos biodegradables, como es el caso de la utilización de harina de plátano verde, la cual fue modificada por acetilación, para esto, se elaboraron películas de harina nativa y acetilada, con 20 y 30 % de adición de glicerol, se evaluaron algunas propiedades fisicoquímicas y mecánicas. Los resultados para las propiedades mecánicas de las películas nativas presentaron mayor tensión a la fractura con respecto a las películas acetiladas. La elongación aumento en las dos películas al 30% de glicerol, la luminosidad fue mayor para las películas acetiladas, la solubilidad se incrementó a mayor concentración de glicerol, la transparencia, no se evidencio ningún cambio respecto a la concentración del glicerol en ninguna de las películas nativa y acetiladas. El presente trabajo muestra resultados preliminares, para obtener bases más sólidas con fines de obtener materiales biodegradables que tengan potencial aplicación como empaques en la industria alimentaria, se pretende realizar más estudios los cuales están orientados con esta finalidad.

Palabras clave: Acetilación, películas, propiedades mecánicas.

ABSTRACT: The production of films from natural polymers emerges as an alternative to reduce pollution, caused by plastic waste, which accumulates in the environment at high speed. In order to avoid this problem, it is intended to look for alternatives with biodegradable products, such as the use of green plantain flour, which was modified by acetylation, for this, native and acetylated flour films were prepared, with the 20 and 30% addition of glycerol, some physicochemical and mechanical properties were evaluated. The results for the mechanical properties of the native films showed greater stress to the fracture with respect to the acetylated films. The elongation increased in the two films at 30% glycerol, the luminosity was greater for the acetylated films, the solubility increased at a higher concentration of glycerol, the transparency showed no change with respect to the concentration of glycerol in any of the Native and acetiladas films. The present work shows preliminary results, to obtain more solid bases in order to obtaining biodegradable materials that have potential application as packaging in the food industry, it is intended to carry out more studies which are oriented with this purpose.

Keywords: Acetylation, films, machanical properties.

Área: Desarrollo de nuevos productos

INTRODUCCIÓN

Las películas y recubrimientos de polímeros sintéticos plásticos son ampliamente utilizados a nivel industrial, lamentablemente, el uso de este tipo de material ha generado problemas en el medio ambiente, debido a la acumulación de residuos que son descompuestos en tiempos muy largos, favoreciendo la contaminación de suelos y mares (Huang *et al.*, 1995). Debido a esta problemática surge alternativas como la utilización de biopolímeros biodegradables, ofreciendo soluciones principalmente por las ventajas que presentan, siendo amigables con el medio ambiente, que además son elaborados con ingredientes renovables e incluso comestibles.

Uno de los polímeros más estudiados es el almidón, del cual se han elaborado películas con la finalidad de desarrollar materiales biodegradables, sin embargo, se ha observado que las películas de almidón no poseen propiedades mecánicas eficientes, debido a que se rompen con facilidad y son permeables al

vapor de agua. Sin embargo, las propiedades de estos materiales pueden mejorar al incorporarse otros componentes como la fibra de celulosa, proteínas, nanocapas o la incorporación de plastificantes como son el glicerol, sorbitol, polietilén glicol etc., estos aumentan la flexibilidad de las películas debido a su capacidad para reducir los enlaces de hidrógeno internos entre las cadenas de los polímeros mientras aumentan el espacio molecular (Mali *et al.*, 2005).

Long *et al.*, (2008) estudiaron algunos almidones modificados químicamente como el hidroxipropilado, para elaborar películas y obtuvieron efectos positivos, como es el aumento de la elongación, la resistencia a la ruptura, mayor flexibilidad, y disminución de la permeabilidad al vapor de agua. Anchundia *et al.*, (2016) Elaboraron películas comestibles de cascara de plátano como una alternativa para la conservación de alimentos y determinaron que el material fue adecuado según sus características fisicoquímica y propiedades mecánicas y comprobaron que este material puede ser utilizado como para elaborar recubrimientos comestibles.

Es evidente que la modificación del almidón o de harinas, mejoran las características fisicoquímicas y mecánicas de las películas elaboradas a partir de ellas. Considerando esta alternativa, en el presente estudio se propuso la modificación de la harina de plátano verde por el método de acetilación, elaborando películas con harina nativa (PHN) y Películas de harina acetilada (PHA), evaluando las propiedades mecánicas y fisicoquímicas, los resultados muestran diferencias entre ambas películas, mostrando resultados convenientes como es la luminosidad que en las PHA muestran valores más altos que las PHN, así como las propiedades mecánicas, se muestra que son resistentes al estrés y presentan una mayor elasticidad, característica que le confiere la adición del plastificante, sin embargo estos resultados son preliminares, se requiere de más estudios que nos permitan evaluar las películas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de la harina acetilada

Para la modificación química del almidón, se empleó el método modificado de Mark y Mehltreter *et al.*, (1972). Se suspendieron 20 g de harina de plátano en 100 ml de agua, se calentó a una temperatura de 40°C y se ajustó el pH entre 8-8.5, con la adición de 20 ml de anhídrido acético, con un tiempo de reacción de 10 minutos, reduciendo pH a 4.5, posteriormente se realizaron lavados con agua y alcohol y la harina fue secada en una estufa a una temperatura de 40°C durante 24 horas, una vez seco se realizó un tamizado en malla 40 (US) y almacenado en frascos herméticamente cerrados.

Determinación del Grado de Substitución (GS)

Se determinaron los grupos acetilo de acuerdo al método de Wurzburg (1964), que consiste en la adición de etanol al 75% a un 1 g de harina acetilada, colocando en un baño a 50°C por 30 minutos, posteriormente se adiciona KOH 0.5 N dejando en agitación por 72 h y titulando con HCl 0.5 N.

Preparación de las películas

Las películas se prepararon mezclando la harina de plátano (nativo ó acetilado) con agua a una concentración de 4% (p/p en base seca) y glicerol al 20 y 30% (p/p en relación al almidón). La mezcla se calentó a una temperatura de 90°C por 10 minutos y se vació en placas de plástico recubiertas con tela de teflón y se secaron a 35°C por 16 h en una estufa de aire forzado (Zamudio *et al.*, 2006).

Evaluación del color

El color de las películas se determinó siguiendo el método descrito por Fernández *et al.*, (2012). Se realizó sobre la superficie de las películas de harina de plátano acetilada y nativa. Se midió el color en 10 puntos de cada película elegidos al azar, con un espectrofotómetro Minolta 2500d, Espacio Cie-Lab, Observador 2º, Iluminante D65, SCI 9.

Solubilidad de la película en agua

Se cortaron piezas (2×3 cm) de cada película y se almacenaron por 7 días en un desecador. Las muestras se pesaron y colocaron en vasos de precipitados con 80 mL de agua desionizada. Las muestras se mantuvieron con agitación constante por 1 h a 25 °C y se secaron a 60°C hasta peso constante. (Las muestras se analizaron por quintuplicado) (García *et al.*, 2004).

Propiedades Ópticas

Se cortaron rectángulos de películas de 0.8x4 cm, se colocaron en un espectro registrando la absorbancia en la región visible de 200-800, la transparencia se midió como la absorbancia medida a 600nm dividido entre el espesor de la película (Fang *et al.*, 2002).

Propiedades mecánicas

Se cortaron tiras rectangulares de 1 cm de ancho por 10 cm de largo, se analizaron 10 tiras por cada formulación. Las propiedades mecánicas de las películas se determinaron siguiendo el método descrito por Osés *et al.*, (2006), basado en la norma (ASTM D882, 2000). El equipo empleado en los ensayos mecánicos de tracción fue un texturómetro Texture Analyzer TA-XTZi. La célula de carga utilizada fue de 25 kg (resolución 0'0098 N y 0'025% precisión).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro de las propiedades físicas de las películas la blancura, es una característica importante para algunas aplicaciones. La PHA y PHN mostraron diferencia significativa respecto a la luminosidad como se observa en tabla I. La PHN presentó un valor más bajo posiblemente esto se deba a impurezas que podía tener como compuestos fenólicos, La PHA obtuvo valores más altos, lo cual indica que se trata de una película más blanca. Esto puede deberse a la adición del plastificante glicerol que tienen interacciones entre los componentes con las cadenas del almidón presentes en la harina. Algunos autores elaboraron películas que tuvieron un comportamiento similar al obtener películas de almidón oxidado incrementado la blancura en relación con el almidón nativo (Sánchez *et al.*, 2005, Da Mota *et al.*, 2000, Butler *et al.*, 1996).

Tabla I. Color de películas de harina de plátano nativa y acetilada.

película	Glicerol (%)	a*	b*	L*
Nativa	20	1.69±0.1 ^a	9.4±0.7 ^a	89.2±1.1 ^a
Nativa	30	1.36±0.2 ^b	9.1±0.8 ^a	89.2±1.0 ^a
Acetilada	20	0.54±0.1 ^c	6.9±0.6 ^b	93.0±0.5 ^b
Acetilada	30	0.40±0.1 ^c	7.0±0.5 ^b	93.5±0.4 ^b

La solubilidad de la PHN fue menor a diferencia con las PHA, de 30% glicerol lo anterior se debe a que el almidón acetilado presenta mayor polaridad que el nativo, así mismo en ambas películas incrementó la solubilidad al aumentar el porcentaje de glicerol como se muestra en la Tabla II. Esto es debido a que el glicerol es una molécula hidrofílica, compatible con los biopolímeros que conforman la película, por lo que, a mayor concentración de glicerol, mayor solubilidad de la película (Butter *et al.*, 1996). Resultados similares fueron Obtenidos por Aguilar-Méndez (2012) y Arenal *et al.* (2017).

Tabla II. Solubilidad de películas de harina plátano nativa y acetilada.

Películas	Glicerol (%)	Solubilidad (%)
Nativa	20	26.4±0.5 ^a
Nativa	30	32.2±3.6 ^{ac}
		35.5±2.2 ^{ac}

Acetilada	20	38.8±3.2 ^b
Acetilada	30	

No se observó diferencia significativa en la transparencia de PHN y PHA con las diferentes concentraciones de glicerol, por otro lado, la modificación del almidón de la harina plátano no se encontró ningún cambio referente a la transparencia. Torruco *et al.*, (2004) señalan que los componentes del almidón de los cereales como el maíz, tienen diferentes comportamientos de opacidad, oscura y sin lustre; lo contrario son los almidones de raíces y tubérculos como la yuca y plátano, los cuales dan lugar a geles translucidos, claros y transparentes.

Tabla III. Transparencia de películas de harina plátano nativa y acetilada.

Película	Glicerol (%)	Transparencia (TI/600 nm)
Nativa	20	1.0±0.1 ^a
Nativa	30	1.1±0.2 ^a
Acetilada	20	0.9±0.2 ^a
Acetilada	30	1.1±0.1 ^a

Propiedades mecánicas

La fuerza de tensión y el porcentaje de elongación son dos mediciones utilizadas para evaluar las propiedades mecánicas, la fuerza de tensión es el máximo estrés desarrollado en una película, mientras que el valor de elongación se interpreta como el estiramiento de la película (Guarda *et al.*, 2001). En la Tabla IV observamos que las películas de harina nativa no modifican sus propiedades mecánicas significativamente por efecto de la adición de glicerol; sin embargo, tanto la tensión como la elongación se ven notablemente modificadas por efecto de la acetilación y este comportamiento depende de la concentración de glicerol, de manera que las películas de harina acetilada con 20% de glicerol, muestra un valor de tensión de 13.8 MPa, valor dos veces mayor al de su contraparte nativa, y la elongación más elevada se presenta en la película elaborada con harina acetilada y 30% de glicerol.

Tabla IV. Propiedades mecánicas de películas de harina plátano nativa y acetilada.

Tipo de harina	Harina (%)	Glicerol (%)	Fuerza (MPa)	Elongación (%)	Módulo de Young (%/MPa)
Nativa	4	30	6.1 ± 0.81 ^a	42.8 ± 2.5 ^a	0.7 ± 0.16 ^a
	4	20	5.7 ± 0.05 ^a	40.5 ± 0.8 ^a	0.6 ± 0.01 ^a
	2	30	4.7 ± 1.59 ^a	48.8 ± 3.0 ^a	1.0 ± 0.69 ^a
Modificada	2	20	13.8 ± 1.55 ^b	3.2 ± 0.9 ^b	4.5 ± 0.98 ^b

CONCLUSIÓN

La modificación química por acetilación de la harina de plátano consigue modificar y en algunos casos mejorar las propiedades mecánicas y físicas de las películas elaboradas. Las diversas fuentes y metodologías aplicadas para el desarrollo de películas, nos puede garantizar obtener un material que pueda ser funcional, de inicio partimos con algunas pruebas realizadas en este trabajo, (propiedades mecánicas y fisicoquímicas) sin embargo para poder concretar la funcionalidad a una escala mayor es necesario implementar más estudios que nos encaminen a un mayor conocimiento y que pueda ser aplicado en diferentes formas y posibilidades en el empleo de estas películas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, Méndez, M., Martín Martínez, S., Espinoza, Herrera, N., Sánchez-Flores, M., Cruz-Orea, A., Ramírez Ortíz, M. 2012. Caracterización y aplicación de películas a base de gelatina carboximetilcelulosa para la preservación de frutos de guayaba. *Superficies y vacío*. 25(1), 1-7.
- Anchundia, K., Santacruz, S., Coloma, J., 2016. Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (*Musa Paradisiaca*). *Rev. Chilena nutrición*. vol. 43 no.4.
- Butler, B. Vergano, R., Testing, R., Bunn, J., Wiles, J. 1996. Mechanical and barrier properties of edible chitosan films as affected by composition and storage. *Journal Food Science*. 61(5): 953-961.
- Da Mota, R.V., Lajolo, F. M., Ciacco, C., Cordenunsi, B. R. 2000. Composition and functional properties of banana flour from different varieties. *Starch/Stärke* 52: 63-68
- Fang, Y., Tung, M.A., Britt, I.J., Yada, S., Dalgleish, D.G. 2002. Tensile and barrier properties of edible films made from whey proteins. *Journal Food Science*. 67: 188-193.
- Fernández, Pan, I., Royo, M., Mate, J.I. 2012. Antimicrobial activity of whey protein isolate edible films with essential oils against food spoilers and food borne pathogens. *Journal of Food Science* 77 (7), M383-M390.
- García, M. A., Pinotti, A., Martino, M. N., Zaritzky, N. E. 2004. Characterization of composite hydrocolloid films. *Carbohydrate. Polymero*. 56: 339-345.
- Guarda, G., Galloto M.G. 2001. Propiedades físicas de materiales plásticos en J.D Orea, *Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos* Acribia Zaragoza España pp.285-308.
- Huang, et al. 1995. Polymer waste management biodegradation, incineration and recycling. *Journal Macromoleculs*. Vol.32, pp.593-597.
- Long, Y., Coombs, S., Christie, G. and Bruce, Y. Biodegradable polymer. US7326743, U.S. PTO. 2008.