

EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES A BASE DE ALMIDÓN DE PAPA, ALMIDÓN DE YUCA Y PROTEÍNA DE SUERO DE LECHE

D.F. López-Enriquez^a, A. Cerón-Cárdenas^a, O. Osorio-Mora^a, O.E. Checa-Coral^b, H.S. Villada-Castillo^c.

^a Grupo de Apoyo a la Investigación y Desarrollo Agroindustrial GAIDA, Universidad de Nariño Sede Torobajo. david.f.lopez.e@gmail.com. ^b Grupo de investigación Cultivos Andinos, Universidad de Nariño. cheka.oscar@gmail.com. ^c Grupo de investigación en Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial –CYTBIA, Universidad del Cauca. *villada@unicauca.edu.co

RESUMEN:

En la actualidad se busca reducir el impacto ambiental generado por materiales sintéticos derivados del petróleo. Una alternativa a dicho problema ha sido el uso de biopolímeros para elaborar materiales biodegradables que sustituyan completa o parcialmente los plásticos. No obstante, los biopolímeros difieren en sus propiedades estructurales, ocasionando cambios en las propiedades mecánicas del producto terminado. En este sentido, el objetivo de esta investigación fue evaluar las propiedades mecánicas de películas biodegradables a base de almidón de papa, almidón de yuca y proteína de suero de leche. Se utilizó un diseño completamente al azar mediante el cual se estudió tres tratamientos: T1 (películas de almidón de papa), T2 (películas de almidón de yuca), T3 (películas de proteína de suero de leche) sobre las variables de respuesta propiedades mecánicas: esfuerzo máximo a la ruptura, porcentaje de elongación y elasticidad. La elaboración de las películas se realizó por el método casting. No se encontró diferencias estadísticamente significativas entre los espesores de las películas ($p > 0,05$). Sin embargo, las variables de respuesta mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Siendo las películas de almidón de papa las que presentaron mayor esfuerzo a la ruptura 3,951 N, mayor porcentaje de elongación 25,757 % y mayor elasticidad 3,322 MPa.

ABSTRACT:

Today it seeks to reduce the environmental impact caused by synthetic materials derived from petroleum. An alternative to this problem has been the use of biopolymers to develop biodegradable materials to replace completely or partially plastic. However, biopolymers differ in their structural properties, caused changes in mechanical properties of the finished product. In this sense, the objective of this research was to evaluate the mechanical properties of biodegradable films based potato starch, cassava starch and whey protein. A completely randomized design in which three treatments were studied was used: T1 (films potato starch), T2 (films cassava starch), T3 (films whey protein) on the response variables mechanical properties: maximum stress at break, percent elongation and elasticity. The preparation of the films was made by the casting method. No statistically significant differences between the thicknesses of the films ($p > 0,05$) was found. However, the response variables showed statistically significant differences ($p < 0,05$). Being films potato starch which had greater effort to break 3,951 N, higher percentage of elongation 25,757% greater elasticity and 3,322 Mpa.

Palabras clave: Almidón, películas biodegradables, proteínas.

Keywords: starch, biodegradable films, proteins.

Área: Otros.

INTRODUCCIÓN

Según Cruz *et al* (2013) los materiales que se utilizan tradicionalmente como empaques son plásticos sintetizados a partir de hidrocarburos, materiales de difícil degradación orgánica que asociado al uso masivo, están causando serios problemas ambientales. Rubio y Guerrero (2012) reportaron que a finales de la década pasada en el mundo se consumían alrededor de 100 millones de toneladas de poliestireno, material que se utiliza en la producción de empaques y utensilios desechables para alimentos, de las cuales el 75% se convierte en basura luego de su uso y el 95% no es reciclable. El reemplazo total de los plásticos sintéticos por materiales biodegradables no se ha logrado hasta el presente, no obstante, los estudios de Villada *et al* (2007) proponen el uso de polímeros naturales como el almidón de yuca para la obtención de empaques biodegradables.

Parzanese (2012) resalta que los materiales biodegradables se utilizan actualmente en diversos sectores, teniendo en cuenta las características funcionales que debe presentar el material según la aplicación específica a la que se destine. Entre los polímeros naturales que se han utilizado se destacan: los polisacáridos como el almidón de diferentes fuentes de origen (papa, yuca, maíz, etc.) y las proteínas como las de suero de leche. Estos materiales han sido utilizados por presentar propiedades físicas, mecánicas, de barrera, y estructurales que permiten la formación de películas.

Ahora bien, en cuanto a las propiedades mecánicas Cruz *et al* (2013) manifiestan que estas dependen del tipo de polímero y de los aditivos que sean usados para su elaboración. En este contexto el objetivo de esta investigación fue evaluar las propiedades mecánicas de películas biodegradables a base de almidón de papa, almidón de yuca y proteína de suero de leche.

No se encontró diferencias estadísticamente significativas entre los espesores de las películas ($p > 0,05$). Sin embargo, las variables de repuesta mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Siendo las películas de almidón de papa las que presentaron mayor esfuerzo a la ruptura 3,951 N, mayor porcentaje de elongación 25,757 % y mayor elasticidad 3,322 MPa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración de películas biodegradables.

Se realizó en las instalaciones del laboratorio de investigación en Conservación y Calidad de Alimentos de la Universidad de Nariño (Pasto, Nariño – Colombia). Se elaboraron películas a base de polímeros naturales: almidón de yuca, almidón de papa y proteínas de suero de leche. Las películas se elaboraron por el método casting. En agua destilada se diluyo 6% (p/v) de ingrediente base y glicerol (5% p/v)

como plastificante. La solución se llevó a tratamiento térmico hasta gelificación y luego se moldearon en cajas Petri de vidrio (20 mL) para llevar a secado.

El tratamiento térmico para almidón de yuca fue de 70°C x 15 minutos, para almidón de papa de 60°C x 20 min y para proteína de suero de leche de 80°C x 20 minutos. El secado se realizó a 65°C por tiempos de: 8 horas para las películas de almidón de yuca, 6 horas para películas de almidón de papa y 5 horas para películas de proteína de suero de leche.

Evaluación de las propiedades mecánicas de películas biodegradables.

La evaluación de la propiedades mecánicas de películas biodegradables se realizó en las instalaciones del laboratorio de reología de la Universidad del Cauca (Popayán, Cauca – Colombia). Se evaluó el esfuerzo máximo de ruptura, porcentaje de elongación y elasticidad, para lo cual se utilizó un texturometro Shimadzu EZ-L acoplado al software trapezium 2.33, utilizando una celda de carga de 500N y mordazas de agarre, el procedimiento se realizó de acuerdo a la norma ASTM D882 – 10, con una tasa inicial de tensión de 0.5 mm/mm * min con una separación inicial de agarre de 50 mm y una tasa de separación de agarre de 50 mm/min. Previamente las películas fueron cortadas según los parámetros de la norma, y se midió su espesor con un micrómetro mitutoyo code 7326S.

Diseño experimental.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, mediante el cual se evaluaron tres tratamientos T1 (películas de almidón de papa), T2 (películas de almidón de yuca), T3 (películas de proteína de suero de leche) sobre las variables de respuesta esfuerzo máximo de ruptura, porcentaje de elongación y elasticidad. Todos los resultados se expresaron como media más o menos la desviación estándar, mientras que el análisis se realizó con el programa InfoStat versión 2014, mediante el cual se hizo el análisis de varianza y prueba de comparación mediante la LSD de Fisher a un 95% de nivel de confianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla I se muestran los resultados de las propiedades mecánicas. No se encontró diferencias estadísticamente significativas en el espesor de las películas ($p > 0,05$) permitiendo la comparación entre las propiedades mecánicas. Así mismo, se determinó que culminado el tiempo de secado la humedad de las películas se encontró entre 20 y 23 % base húmeda.

Los resultados obtenidos son superiores a los reportados por Rodríguez *et al* (2006) quienes encontraron un porcentaje de elongación para películas de almidón de papa, de 12.1 ± 1.1 %; no obstante, dichos investigadores utilizaron: almidón de papa al 2% (p/v) y glicerol 20% (p/p almidón) con espesor de 0,06 mm, diferente a lo expuesto en esta investigación.

En el mismo sentido, Fama *et al* (2003) reportan para películas de almidón de yuca 5% (p/v) y glicerol 2,5% (p/v) porcentaje de elongación de 30% superior a los valores

obtenidos en esta investigación. A pesar de haber utilizado glicerol al 5%. Según Tajla *et al* (2007) el incremento en el contenido de glicerol genera mayor porcentaje de elongación.

Chiumarelli y Hubinger (2014) incluyeron a las películas de almidón de yuca y glicerol, cera de carnauba y ácido esteárico que mejoraron el porcentaje de elongación, obteniendo unos resultados del 17 a 30%; este incremento puede deberse a las condiciones de gelificación del almidón y la inclusión de aditivos.

Escobar *et al* (2009) reporta que en películas de aislado de proteína de suero (WPI90) al 10% (p/v) con glicerol como plastificante elaboradas por el método casting se obtuvieron porcentajes de elongación de aproximadamente 18% y fuerza máxima de ruptura 5N, con un espesor de 0,12 mm aproximadamente, Regalado *et al* (2006) reporta que proteínas de aislado de proteína de suero en concentración del 5% p/v con adición de glicerol 2,1% (p/v) como plastificante a un pH de 7 presentan porcentaje de elongación 4,1 a 7%; los valores reportados por estos autores son mayores a los presentados en esta investigación debido probablemente a las condiciones de elaboración de las películas con altos tratamientos térmicos y la utilización de aislados con altas concentraciones de proteína.

Tabla I. Propiedades mecánicas de películas biodegradables.				
Tratamiento	Espesor película (mm)	Esfuerzo máximo a la ruptura (N)	Elongación %	Elasticidad (MPa)
T1	0,339 ± 0,008 a	3,951 ± 0,267 a	25,757 ± 3,794 a	3,322 ± 0,322 a
T2	0,318 ± 0,015 a	2,924 ± 0,268 b	21,036 ± 2,840 b	3,126 ± 0,381 a
T3	0,333 ± 0,023 a	1,118 ± 0,132 c	9,117 ± 0,736 c	2,518 ± 0,156 b

*Valores promedio n=5 ± desviación estándar. Letras no comunes implican diferencias entre promedios, según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

Al comparar los valores obtenidos de esfuerzo máximo a la ruptura, se evidencian diferencias estadísticamente significativa ($p < 0,05$) las películas de almidón de papa requieren 35,123 % más de fuerza en comparación con las películas de almidón de yuca para generar la ruptura, mientras que al compararlas con las películas de proteína de suero de leche se requerirá 253,398 % más de fuerza. Así mismo, los porcentajes de elongación y elasticidad muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) los valores para las películas de almidón de papa son superiores en 22,442 % y 182,516 % en el porcentaje de elongación y 6,270 % y 31,930 % en la elasticidad para películas de almidón de yuca y proteínas de suero de leche, respectivamente.

El fenómeno observado se puede atribuir a la composición del almidón de papa. Según Alvis *et al* (2008) dicho almidón presenta hasta un 22 % de amilosa, comparado con el almidón de yuca que presenta de entre 14 % a 17% (Meneses *et al.*, 2007). En el estudio realizado por Domínguez y Jiménez (2012) se observó que al aumentar el contenido de amilosa de 14.2% a 18.4% la fuerza tensil tuvo un incremento de 7.5 a 9.6 MPa. Villada *et al* (2007) reportan que la estructura ramificada de la amilopectina generalmente le da a la película pobres propiedades mecánicas. En este sentido, un incremento en el contenido de amilosa dará como resultado películas con mayor resistencia.

Así mismo, Medina y Salas, (2007) reportan que los gránulos de almidón de papa son más esféricos y regulares que los de otros almidones como yuca y maíz, pudiendo indicar que este tipo de almidón puede formar estructuras moleculares más estables, esta condición puede reflejarse en una mayor fuerza de ruptura en las películas obtenidas. Los mismos autores indican que el almidón de papa tiene gránulos de mucho mayor tamaño, por lo cual pueden llegar a tener más capacidad de absorción de agua y su estructura permita la mejor incorporación de moléculas de plastificante y agua en la formación de películas.

Por otra parte, el efecto observado en las películas de proteína de suero de leche se puede explicar a través de la afirmación de Montalvo *et al.*, (2012) quienes mencionan que las proteínas globulares requieren ser desnaturalizadas previo a la formación de películas, con el fin de favorecer la formación de nuevos enlaces que den mayor estabilidad al polímero, mejorando sus propiedades mecánicas; lo anterior, sugiere que el tratamiento térmico aplicado en la elaboración no fue lo suficientemente fuerte para generar la desnaturalización completa de la proteína evaluada.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvis, A., Vélez, C., Villada, H.S., y Rada-Mendoza, M. 2008. Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas. Información tecnológica. Vol. 19. Pág. 19 – 28.
- Chiumarelli, M., Hubinger, M. 2014. Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. Food Hydrocolloids. Vol. 38. Pág. 20 – 27.
- Cruz-Morfin, R., Martínez-Tenorio, Y., López-Malo, A. 2013. Biopolímeros y su integración con polímeros convencionales como alternativa de empaques de alimentos. Temas selectos de ingeniería de alimentos. Vol. 7. Pág. 42 – 52.
- Domínguez-Courtney, M y Jiménez-Munguía, M. 2012. Películas comestibles formuladas con polisacáridos: propiedades y aplicaciones. Temas selectos de ingeniería de alimentos. Vol. 6. Pág. 110 - 121.
- Escobar, D., Sala, A., Silvera, C., Harispe, R., Márquez, R. 2009. Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. Revista del laboratorio tecnológico del Uruguay Vol. 4. Pág. 33 – 36.

- Fama, L., Rojas, A., Goyanes, S., Gerschenson, L. películas comestibles de aplicación industrial. 2003. Jornadas SAM/CONAMET/simposio materia. Pág. 10 – 21.
- Medina, J y Salas J. 2007. Caracterización morfológica del granulo de almidón nativo: Apariencia, forma, tamaño y su distribución. Revista de ingeniería. Universidad de los Andes. Pág. 56 – 62.
- Meneses, J., Corrales, C., Valencia, M. 2007. Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Pág. 57 – 67.
- Montalvo, C., López – Malo, A y Paolu, E. 2012. Películas comestibles de proteína: características, propiedades y aplicaciones. Temas selectos de ingeniería de alimentos. Vol. 6. Pág. 32 - 45.
- Parzanse, M. 2012. Películas y recubrimientos comestibles. Tecnologías para la industria alimentaria. Vol. 7. Pág. 1 – 11.
- Regalado, C., Pérez-Pérez, C., Lara-Cortés y García-Almendarez, B. 2006. Whey protein based edible food packaging films and coatings. Advances in Agricultural and Food Biotechnology. Pág. 237 – 261.
- Rodriguez, M., Osés, J., Ziani, K., Maté, J. 2006. Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based edible films. Food Research International. Vol. 39. Pág. 840 – 846.
- Rubio-Anaya, M y Guerrero-Beltrán. 2012. Polímeros utilizados para la elaboración de películas biodegradables. Temas selectos de ingeniería de alimentos. Vol. 6. Pág. 173 - 181.
- Talja, R., Helén, H., Roos, Y., Jouppila, K. 2007. Effect of various polyols and polyol contents on physical and mechanical properties of potato starch-based films. Carbohydrate Polymers. Vol. 67. Pág. 288 – 295.
- Villada, H.S., Acosta, H y Velasco, R. 2007. Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables. Temas agrarios. Vol. 12. Pág. 5- 13.