



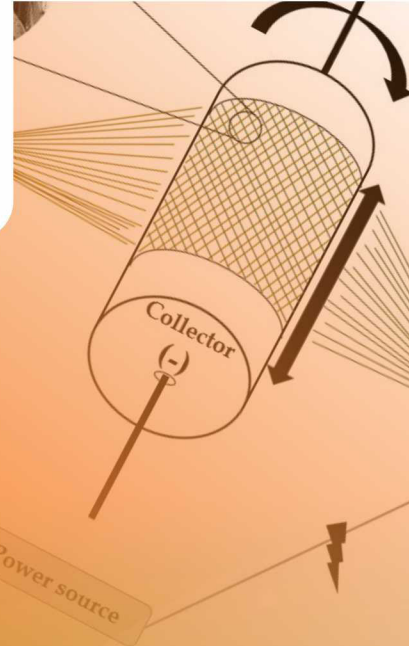
**IV Simposio
DE MATERIALES
POLIMÉRICOS**



Res. No. 16743, 2017-2021.



Vigilada MinEduación.



Biopolímeros

Revista Informador Técnico, Volumen 82 n2 - Suplemento I- 2018

IV Simposio de Materiales Poliméricos - 13 y 14 de Septiembre de 2018, Cali - Colombia

CONTENIDO

Edible coatings and films based on potato starch for potential use in the preservation of andean berry	75
Alex López Córdoba, Santiago Estevez-Areco, Silvia Goyanes	
Materiales biodegradable activos a base de almidón y alcohol polivinílico	79
Carolina Medina-Jaramillo, Alex Fernando López-Córdoba	
Evaluación de exopolisacárido obtenido de microorganismo láctico aplicado como película comestible a embutido carnico tipo chorizo	82
Juan D. ortega O., Brayan S. Ortiz V., Cristina Ramírez, German Bolívar	
Desarrollo de un biofilm en base a PLA cargado con iones de cobre soportados en nanopartículas de zeolita natural chilena y reforzado con nanofibras de celulosa para el empaque de alimentos cárnicos	89
Judith Vergara, William Gacitúa, Serguei Alejandro	
Efecto de la inclusión de una fibra prebiótica: inulina en películas comestibles de almidón de yuca	95
Julieth Orozco, Cristian C. Villa, Clara M. Mejía	
Obtención de quitosano a partir de escamas residuales del proceso de comercialización de tilapia roja (<i>Oreochromis sp</i>)	99
Soraya Alzáte-Pérez, Yesica-Johana Vargas-Mira, Miller-Danian Lizarazo-Parra, Edwing Velasco	
Bioplásticos de colágeno parcialmente hidrolizado obtenido de las escamas del bocachico (<i>Prochilodum magdalenae</i>), reforzados con cáscarilla de arroz	103
Soraya Isabel Alzáte-Pérez, Juan Pablo Quintanilla Caballero, Carlos Rolando Paredes Niño, Edwing Velasco	
Residuos de poda de arándano: una potencial fuente de celulosa	107
Claudia M. Pacheco P., Cecilia Bustos, Guillermo Reyes, Maria Graciela Aguayo, Orlando J. Rojas	
Evaluación de resultados de la degradación de un bioplástico sometido a procesos de compostaje según norma ASTM D-6400 y D-5988	112
Pedro Rodríguez Sandoval, Andrés Felipe Medina Sánchez, Oscar Eduardo Ariza León	

Edible coatings and films based on potato starch for potential use in the preservation of andean berry

Recubrimientos y películas comestibles a base de almidón de patata para uso potencial en la conservación de la baya andina

Modalidad: Póster

Alex López Córdoba¹
Santiago Estevez-Areco²
Silvia Goyanes³

¹ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad Seccional Duitama. Escuela de Administración de Empresas Agropecuarias. Boyacá, Colombia. Corresponding author: alex.lopez01@uptc.edu.co.

² Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Física, Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos (LP&MC), Instituto de Física de Buenos Aires (IFIBA-CONICET), Buenos Aires, Argentina.

³ Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Física, Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos (LP&MC), Instituto de Física de Buenos Aires (IFIBA-CONICET), Buenos Aires, Argentina.

Abstract

Edible films and coating-forming suspensions based on potato starch were successfully produced. Films showed a homogenous and compact structure and excellent transparency. Moreover, they showed typical infrared spectra and thermal degradation patterns as glycerol-plasticized starch films. Andean berries were dip-coated by immersion in the potato starch-based coating solutions. These coatings were well adhered and gave the fruit surface a bright appearance. These preliminary studies suggest that the use of potato starch-based coatings and films constitute a promising strategy for the preservation of Andean berries during postharvest.

Palabras claves: Andean Berry; Edible coatings; Films; Postharvest; Starch

Introduction

Andean Berry (*Vaccinium meridionale* Swartz) is a wild shrub native to Andean South America, which grows between 2000 and 3800 m above sea level (Celis, *et al.*, 2017). This fruit is well known because is a rich source of compounds associated with health benefits such as anthocyanins, antioxidants and vitamins (Garzón, Narváez, Riedl, & Schwartz, 2010) total phenolic content, anthocyanin content, and antioxidant activity. In addition, high-performance liquid chromatography with photodiode array detection (HPLC–DAD). However, Andean berry deteriorates rapidly during postharvest.

The application of edible coatings on fruits and vegetables allows to extend their shelf life because these materials act as an external protective layer slowing the respiration rate and reducing moisture and solute migration, gas exchange, oxidative reaction rates, as well as suppress physiological disorders (Aloui & Khwaldia, 2016). Several polymers from natural origin have been used for the fabrication of edible coatings including starch, alginate, chitosan, pectin and cellulose derivatives, among others. Among them, starches are well known for their good film-forming properties and functionalities (López-Córdoba, Medina-Jaramillo, Piñeros-Hernandez, & Goyanes, 2017).

Boyacá (Colombia) is one of the most important producers of several types of potatoes including the native Andean potatoes, which are gaining growing interest in the last years. This tuber represents an important source of starches which

can be used for several food and nonfood applications (Tong, Ahmed, Pang, Zhou, & Bao, 2018). In the current work, edible films based on potato starches were obtained and characterized by SEM, UV-Vis, TGA and FTIR. Moreover, the same formulations were used as coating-forming suspensions and applied on Andean berries.

Material and methods

Starch was isolated from potatoes variety Diacol capiro purchased at a local market in Duitama, Boyacá (Colombia). Films were obtained by solvent casting process as reported in previous works (López-Córdoba *et al.*, 2017) and characterized by scanning electron microscopy, Fourier transform infrared spectroscopy, thermogravimetric analysis (TGA) and UV-Vis spectroscopy.

Andean berries (*Vaccinium meridionale* Swartz) were obtained from a local supermarket from the same batch. Visual inspection was conducted to ensure consistent ripeness and absence of major defects or physical damages that could interfere with the experiments. Fruits were dip-coated by immersion in the coating solutions for 90 s, drained of excess coating, and air-dried at room temperature during 24 h.

Results and discussion

Figure 1 shows SEM images of the surface cross-sections of the glycerol-plasticized potato starch films. It can be seen that the films showed an ordered and homogeneous structure (without pores or cracks).

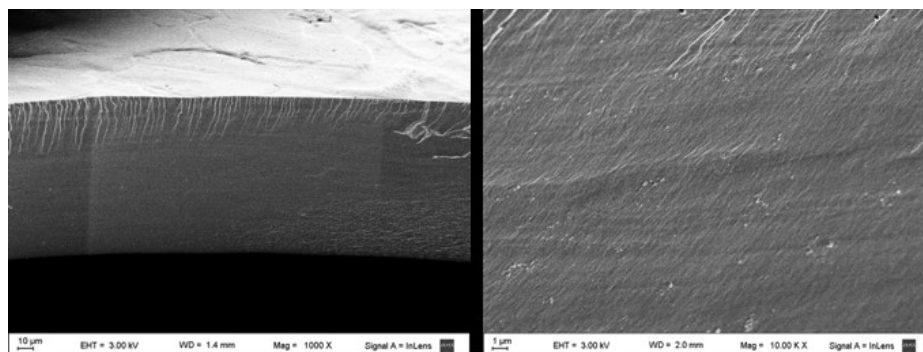


Figure 1. SEM micrographs of surface cross-sections of glycerol-plasticized potato starch films.

Source: The authors

Films showed high values of light transmittance (c.a. 80%) in the visible light wavelength range (Figure 2a). Moreover, they showed excellent contact transparency enough to be used as see-through packaging (Figure 2b). Similar results were reported for biodegradable films obtained from other botanical starch sources such as cassava, corn and yam (López-Córdoba *et al.*, 2017).

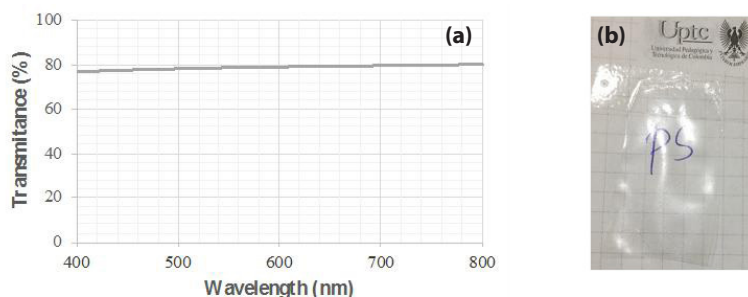


Figure 2. (a) Light transmittance (%) and (b) contact transparency pictures of potato starch films

Source: The authors

IR spectra of potato starch films showed characteristic bands of potato starch. Moreover, thermogravimetric analysis showed a typical thermal degradation pattern as glycerol-plasticized starch films (López-Córdoba *et al.*, 2017).

Figure 3 shows pictures of the coated Andean berries. It can be seen that coatings form a good film on the surface of the Andean berries, giving the fruit a bright, translucent, fresh-like appearance.



Figure 3. Digital images of Andean berries coated with potato starch suspensions

Source: The authors

Conclusions

Potato starch constitutes a promising material for the development of edible films and coatings for use in food packaging applications. This biopolymer allowed to obtain films with good homogeneity, transparency and thermal stability. Moreover, the application of coating-forming starch suspensions on Andean berries proved to be a suitable way of adding value to Andean berries. In a future stage, coated Andean berries will be stored under different conditions of temperature and relative humidity and monitored periodically in order to evaluate the changes in their physicochemical, microbiological and sensory properties along storage. It is expected that the application of potato starches based edible coatings on Andean berries allows to improve their appearance and to prevent their postharvest damage.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Colciencias-Gobernación de Boyacá (Conv. 794-2017 proyectos de I+D para el desarrollo tecnológico de base biológica depto de BOYACÁ), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Proyecto SGI 2461) and Universidad de Buenos Aires for their financial support.

References

- Aloui, H., & Khwaldia, K. (2016). Natural Antimicrobial Edible Coatings for Microbial Safety and Food Quality Enhancement. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(6), 1080–1103. doi: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12226>
- Celis, M. E., Franco Tobón, Y. N., Agudelo, C., Arango, S. S., & Rojano, B. (2017). Andean Berry (*Vaccinium meridionale* Swartz). In Yahia, E. (Ed.). (2017). *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Biological Functions*, 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc.



- Garzón, G. A., Narváez, C. E., Riedl, K. M., & Schwartz, S. J. (2010). Chemical composition, anthocyanins, non-anthocyanin phenolics and antioxidant activity of wild bilberry (*Vaccinium meridionale* Swartz) from Colombia. *Food Chemistry*, 122(4), 980–986. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.017>
- López-Córdoba, A., Medina-Jaramillo, C., Piñeros-Hernandez, D., & Goyanes, S. (2017). Cassava starch films containing rosemary nanoparticles produced by solvent displacement method. *Food Hydrocolloids*, 71, 26–34. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.04.028>
- Tong, C., Ahmed, S., Pang, Y., Zhou, X., & Bao, J. (2018). Fine structure and gelatinization and pasting properties relationships among starches from pigmented potatoes. *Food Hydrocolloids*, 83, 45–52. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.04.036>

Materiales biodegradable activos a base de almidón y alcohol polivinílico

Biodegradable active materials based on starch and polyvinyl alcohol

Modalidad: Póster

Carolina Medina-Jaramillo¹
Alex Fernando López-Córdoba²

¹ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad Seccional Duitama. Escuela de Administración de Empresas Agropecuarias. Boyacá, Colombia. caromedina1986@gmail.com, alex.lopez01@uptc.edu.co

² Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad Seccional Duitama. Escuela de Administración de Empresas Agropecuarias. Boyacá, Colombia. caromedina1986@gmail.com, alex.lopez01@uptc.edu.co

Resumen

Se desarrollaron películas a base de almidón (TPS) y alcohol polivinílico (PVA) con y sin agregado de extracto de yerba mate (TPS-PVA-YM y TPS-PVA respectivamente). Los materiales se caracterizaron mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) y análisis termogravimétrico (TGA) y los resultados obtenidos indicaron que la adición de extracto de yerba mate provocó una disminución en la temperatura de fusión del material compuesto y un cambio en el patrón de termodegradación a temperaturas entre 200 °C y 286 °C.

Palabras claves: alcohol polivinílico, almidón, extracto de yerba mate, películas biodegradables

Introducción

La mayoría de los plásticos son producidos a partir del petróleo y sus derivados, que son recursos no renovables, que generan problemas ambientales como la emisión de gases de invernadero (Philp, Ritchie, y Guy, 2013). En la industria de alimentos existe una preocupación por la producción de materiales de envase para alimentos más amigables con el ambiente. En este contexto, los polímeros de origen natural, como el almidón, constituyen una alternativa eco-compatible para el desarrollo de envases debido a que son biodegradables, no tóxicos, abundantes y de bajo costo (Sousa, y Gonçalves, 2015). El alcohol polivinílico (PVA) es un material producido de la hidrólisis de acetato de polivinilo (Raj, y Somashekar, 2004), la excelente resistencia química, óptica y las propiedades físicas de las resinas de PVA han resultado en amplios usos industriales, por esto la combinación con otros polímeros mejoran el rendimiento y en el caso del uso de almidón mejora las propiedades ecológicas. Tanto el PVA como el almidón son polímeros polares; por lo tanto, un compuesto de PVA-Almidón es probable que produzca un material que tenga excelente mecánica propiedades y comportamiento de barrera. El objetivo de este trabajo fue desarrollar materiales a base de almidón, alcohol polivinílico y extracto de yerba mate para su aplicación como envases biodegradables de alimentos; buscando una mejora a las propiedades de los materiales biodegradables, así como la obtención de un envase activo.

Materiales y Métodos

Para la fabricación de los diferentes materiales se utilizó glicerol de calidad alimentaria, almidón, PVA y yerba mate comercial. Las películas se prepararon por el método de moldeado ("casting") mediante la mezcla y calentamiento del almidón, PVA (30 %, base almidón), glicerol, agua y extracto de yerba mate en el caso de TPS-PVA-YM. Los materiales se caracterizaron mediante análisis termogravimétrico (TGA) en un equipo Shimadzu DTG-60 desde temperatura ambiente hasta 400 °C a 10 °C/min bajo un flujo de nitrógeno de 30 mL/min y la temperatura de fusión de las películas se determinó mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) con un equipo Mettler Toledo Schwerzenbach, desde temperatura ambiente hasta 200 °C a 10 °C/min bajo un flujo de nitrógeno de 30 mL/min.

Resultados y discusiones

En la Figura 1, se observa un pico endotérmico en un intervalo de 40 °C a 180 °C para los dos sistemas de películas desarrolladas con una temperatura máxima para TPS-PVA de 110 °C y 102 °C para TPS-PVA-YM, observándose una disminución para las películas con extracto. La aparición de un solo pico de fusión podría indicar una sinergia entre los dos polímeros usados. Talja, Helén, Roos, y Jouppila (2007), Medina, Ochoa, Bernal y Famá, (2017). reportaron disminución de dicha temperatura en materiales termoplásticos con la adición de diferentes extractos naturales con alto contenido de polifenoles y atribuyen tal efecto a los compuestos de bajo peso molecular característico de plastificantes.

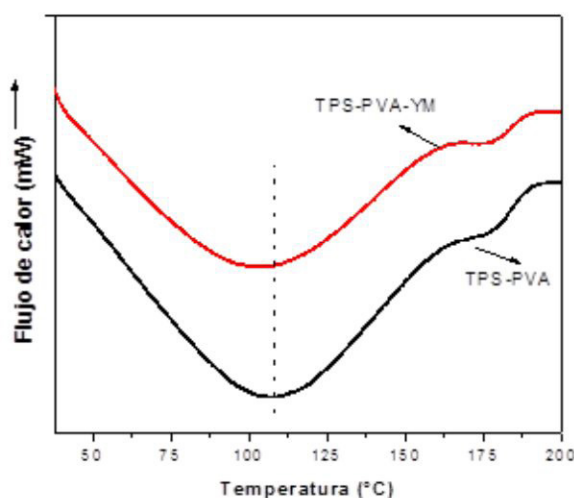


Figura 1. Termograma de calentamiento

Fuente: Los autores

La Figura 2, muestra la estabilidad térmica de los materiales donde se producen tres etapas de descomposición. Una primera pérdida de masa a temperaturas entre 100 °C a 150 °C, la segunda pérdida entre 180 °C a 250 °C y una última pérdida de masa entre 250 °C a 400 °C resultando una mayor pérdida de masa en todas las etapas para las películas con extracto de yerba mate comparado con las películas TPS-PVA. La literatura reporta pérdidas de masa para materiales termoplásticos a iguales temperaturas y las atribuye a la evaporación del contenido de agua, descomposición del contenido de plastificante y degradación de los componentes de los polímeros para la primera, segunda y tercera pérdida de masa respectivamente (Ayala, Agudelo y Vargas, 2012; García, Famá, Dufresne, Aranguren y Goyanes, 2009; Medina, Ochoa, Bernal y Famá, 2017).

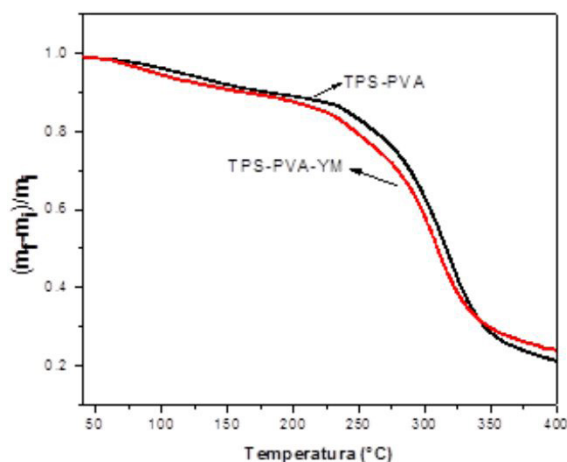


Figura 2. Pérdida de masa

Fuente: Los autores

La mayor pérdida de masa para TPS-PVA-YM, podría asociarse a los compuestos de bajo peso molecular del extracto de yerba mate que podrían estar actuando como un plastificante, además la mayor masa residual en TPS-PVA-YM podría atribuirse a los compuestos con anillos aromáticos que tienden a producir leves concentraciones de carbón que son estables hasta 600 °C bajo atmósfera de nitrógeno (Patel *et al.*, 2010).

Conclusiones

Los materiales compuestos desarrollados resultaron sinérgicamente compatibles mostrando un solo pico endotérmico de fusión, Además los materiales con adición de extracto de yerba mate mostraron una disminución en la temperatura de fusión y una mayor pérdida de masa comparado con los que no contenían extracto; comportamiento característico de materiales con mayor contenido de plastificante.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPCT) por su apoyo financiero para el desarrollo del trabajo realizado.

Referencias

- Ayala, G., Agudelo, A., y Vargas, R. (2012). Effect of glycerol on the electrical properties and phase behavior of cassava starch biopolymers. *Dyna*, 79(171) 138-147.
- García, N. L., Famá, L., Dufresne, A., Aranguren, M., y Goyanes, S. (2009). A comparison between the physico-chemical properties of tuber and cereal starches. *Food Research International*, 42(8), 976-982. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.05.004>
- Medina-Jaramillo, C., Ochoa-Yepes, O., Bernal, C., y Famá, L. (2017). Active and smart biodegradable packaging based on starch and natural extracts. *Carbohydrate Polymers*, 176, 187-194. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.08.079>
- Patel, P., Hull, T. R., McCabe, R. W., Flath, D., Grasmeder, J., y Percy, M. (2010). Mechanism of thermal decomposition of poly(ether ether ketone) (PEEK) from a review of decomposition studies. *Polymer Degradation and Stability*, 95(5), 709-718. doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2010.01.024>
- Philp, J.C., Ritchie, R.J., y Guy, K. (2013). Biobased plastics in a bioeconomy, *Trends in Biotechnology*, 31(2), 65-67. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2012.11.009>
- Raj, B., y Somashekar, R. (2004). Structure–Property relation in Polyvinyl Alcohol/Starch composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 91(1), 630-635. doi: <https://doi.org/10.1002/app.13194>
- Sousa, A.M., y Gonçalves, M.P. (2015). Strategies to improve the mechanical strength and water resistance of agar films for food packaging applications, *Carbohydrate Polymers*, 132, 196-204. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.06.022>
- Talja, R. A., Helén, H., Roos, Y. H., y Jouppila, K. (2007). Effect of various polyols and polyol contents on physical and mechanical properties of potato starch-based films. *Carbohydrate Polymers*, 67(3), 288-295. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.05.019>



Evaluación de exopolisacárido obtenido de microorganismo láctico aplicado como película comestible a embutido carnico tipo chorizo

Evaluation of exopolysaccharide obtained from lactic microorganism applied as an edible film to meat sausage type chorizo

Modalidad: Póster

Juan D. ortega O.^{1*}
Brayan S. Ortiz V.^{2*}
Cristina Ramírez³
German Bolívar⁴

¹ Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería, Santiago de Cali, Colombia.
*juan.david.ortega@correounivalle.edu.co

² Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería, Santiago de Cali, Colombia.
*brayan.ortiz@correounivalle.edu.co

³ Universidad del Valle. Docente Facultad de Ingeniería. Santiago de Cali, Colombia

⁴ Universidad del Valle. Docente Facultad de ciencias exactas y naturales, Santiago de Cali, Colombia

Resumen

Las pérdidas de productos cárnicos en Colombia son de 269.000 t dada su condición de perecibilidad, lo que demanda la aplicación de técnicas en su procesamiento y almacenamiento. Una de las alternativas para solucionar este problema son las películas comestibles (PC) que pueden ser formuladas a partir de una mezcla de materias primas naturales y biodegradables. En este trabajo se evaluaron las propiedades del exopolisacárido (EPS) obtenido de bacterias ácido lácticas (BAL) autóctonas aplicadas como película comestible a embutido tipo chorizo, el material fue mezclado con Alginato, Goma xathan y Glicerol, seguidamente sometido a un proceso de secado, obteniendo una PC que logró mejorar la conservación del embutido debido a las propiedades físico-mecánicas del material.

Palabras claves: Exopolisacáridos (EPS), bacterias ácido lácticas (BAL), Películas comestibles (PC), bioconservación de cárnicos.

Introducción

Según un informe de la "Food and Drug Administration" (FDA) en el 2001, se estima que se desaprovechan alrededor de 1300 billones de toneladas de comida, equivalentes al 33 % de toda la oferta mundial de alimentos, destinados al consumo humano (DNP, 2016). Para el caso de Colombia con una oferta nacional de 28,5 millones de toneladas de alimentos, 9,76 millones de toneladas son pérdidas y desperdicios, de las cuales 269.000 t corresponden a productos cárnicos (DNP, 2016). Esta contaminación puede deberse por una parte, a la ausencia de microbiota benéfica competitiva (como ocurre en muchos alimentos procesados mediante tratamientos térmicos) (Burgos, Aguayo, López, Pulido y Pérez, 2011).

Las investigaciones que se han fomentado en PC, han sido realizadas utilizando proteínas, lípidos y polisacáridos con el propósito de determinar su efectividad como barreras protectoras (Álvarez Quintero, 2012). Sin embargo, entre la variedad de compuestos disponibles para elaboración de PC, se ha considerado un polisacárido producido por Bacterias Ácido Lácticas (BAL), con beneficios potenciales que permiten su escalamiento debido a su sencillo método de producción y sus bajos costos. (Mata, 2006).

Por lo tanto, los envases a los que se les incorporan materiales provenientes de microorganismos como polisacáridos pueden actuar como conservantes en los alimentos e incidir en la salud del consumidor. Algunos ejemplos de envases bioactivos son las películas o recubrimientos que contienen vitaminas, fibra dietética, fitoquímicos, prebióticos, enzimas o probióticos, que contienen compuestos con reconocido efecto positivo en quien lo ingiere (Lopez de Lacey, 2012). Actualmente, no existe literatura específica en la incorporación de los exopolisacárido secretados por BAL autóctonas aisladas de jugo de caña, de este modo, este trabajo pretende evaluar las propiedades de estos en PC sobre embutido tipo chorizo, en pro de mantener las propiedades adecuadas del producto y prolongar la vida útil.

Materiales y Métodos

Capacidad de retención de agua (CRA)

Hace referencia a la cantidad de agua que un producto puede retener sin que haya liberación del líquido. En un tubo de ensayo se pesó 1 g de material seco y se agregó 10 mL de agua destilada, se mezcló suavemente y se mantuvo a temperatura ambiente durante 24 h. El sobrenadante fue filtrado en papel filtro. Finalmente se pesó el papel filtro y se determinó la CRA como los gramos de agua retenida por gramos de gel. (Arriciaga, Prieto, y Cornejo, 2013).

Viscosidad

Se determinó la viscosidad mediante un viscosímetro Brookfield modelo RVDV-III U previamente calibrado.

Espesor de la película

El espesor de la película se midió con un micrómetro digital iGaging 0-1. Se realizaron diez mediciones de espesor tomadas en diferentes puntos de cada muestra. Estas medidas se utilizaron para el cálculo de la permeabilidad de vapor de agua (PVA), permeabilidad al oxígeno (O₂) y las propiedades mecánicas.

Permeabilidad al vapor de agua (PVA)

La medición de la permeabilidad al vapor de agua (PVA) se determinó gravimétricamente basada en la norma ASTM D-1653-13 (2015). Las muestras de cada película fueron selladas en copas de permeabilidad marca BYK-Gardner de aluminio llenas de agua destilada y colocadas en un desecador a 25 °C y 20-30 % de humedad relativa (método de copa húmeda). Las copas se pesaron a intervalos de 1 hora durante 8 h. Los valores son expresados en g/s*m*Pa. A partir de la pérdida de peso del sistema copa y agua se logra determinar la pendiente en (g/s), finalmente con base en la diferencia de humedades relativas dentro y fuera del sistema, teniendo la presión de saturación del agua a la temperatura, utilizando la Ecuación 1.

Siendo:

$$PVA = \left(\frac{g}{t}\right) * \left(\frac{1}{A * \Delta p}\right)$$

(1)



g/t = pérdida de peso en el tiempo (pendiente de la recta)

A = Area de transmisión de la celda o copa.

$\Delta P = P_{sat} \cdot (H_1 - H_2)$

P_{sat} = Presión de saturación a la temperatura de la prueba

H_1 = Humedad relativa dentro del sistema H_2 = Humedad relativa fuera del sistema

Permeabilidad al oxígeno (PO)

La tasa de transmisión de oxígeno (TSO) fue determinada utilizando un equipo OX-TRAN 2/22 H (Mocon, Inc.) a 25 °C a partir del método estándar ASTM D3985-05, esta prueba fue realizada en laboratorios externos a la universidad. La prueba consiste en exponer un área de las películas al paso de los gases, éstas se fijaron en soportes de aluminio y la permeabilidad al oxígeno (PO) se determinó por duplicado a temperatura de 25 °C, utilizando la Ecuación 2. La diferencia de presión a través de la película corresponde a la presión atmosférica (Δp). Las muestras de película, en el instrumento de medida, fueron sometidas a 100 % de gas oxígeno de un lado y de un gas de arrastre conteniendo 98% de nitrógeno y 2 % de hidrógeno del otro lado. La PO fue calculada multiplicando la TSO por el espesor de la películas (EF) y este por dividido (Δp).

$$PO = \frac{TSO \times EF}{\Delta p} \quad (2)$$

Propiedades mecánicas

Los análisis de tensión de ruptura (TR) y porcentaje de elongación (ELON), se efectuaron mediante el uso de un texturómetro SHIMADZU modelo EZTest /CE siguiendo el método estándar ASTM D 882-02, con separación inicial de las garras de 100 mm y velocidad de prueba de 60mm/s. Tres de cinco muestras de cada película se recortaron (100 mm de largo y 25 mm de ancho) y fijadas cada una en el texturómetro, luego de ser acondicionadas en desecadores a 25 °C y 52 ± 2 % de humedad relativa (HR) durante 48 horas antes de iniciar el análisis.

Opacidad de las películas

La opacidad de las muestras se determinó, con un colorímetro ColorFlex© Standards Box, como la relación entre la opacidad de cada muestra en la estándar negro (Y_b) Y la opacidad de cada muestra en la estándar blanco (Y_w)s (Daudt *et al.*, 2016).

Estudio de microestructura

La estructura de las PC fue caracterizada por medio de análisis en microscopía electrónica de barrido, estas permanecieron en desecadores con gel de sílica a temperatura ambiente (25 °C) durante siete días antes del análisis con microscopía. Posteriormente las muestras fueron fragmentadas utilizando nitrógeno líquido para asegurar una fractura sin desgastes, necesario para una mejor toma trasversal. finalmente cada una se fijó en un soporte de aluminio (stubs) con hilo conductor de cobre y fueron recubiertas con oro (SPUTTER COATER BALZERSSCD 050) mejorando la conductividad, las condiciones de presión fueron de 270 Pascales por 20 min, enfocando en 500µm y con un voltaje de 20kW.

Análisis térmico

La termogravimetría es parte de un conjunto de análisis térmicos que han sido desarrollados para identificar y medir los cambios físicos y químicos, que sufren los materiales cuando son expuestos a variaciones controladas de temperatura (Rodríguez y Villegas, 2012). Para el estudio en régimen dinámico, muestras de 10- 20 mg fueron calentadas, a una velocidad constante de calentamiento de 10 °C / min, en un rango de temperatura de 20-550 °C, en atmósfera de nitrógeno, (Aguilar, Gastón, Llopiz, y Jérez, 2005). La evaluación de los termogramas (TG), la determinación de las temperaturas de pico (Tmax) y las pérdidas, fueron posible a través de las derivadas de Termogravimetría Diferencial (DTG). La evaluación de los TG se realizó en un equipo TGA Q50 TA Instruments.

Análisis estadístico

Se generó un diseño experimental de mezclas con vértices extremos, el cual arrojó 23 corridas con las cuales se logró realizar la optimización de las mejores tres muestras bajo parámetros de preselección como: Capacidad de Retención de Agua (CRA), Propiedades Mecánicas y Opacidad. Dichos parámetros se escogieron pensando en los requerimientos de la matriz alimentaria seleccionada (Embutido tipo Chorizo). Mediante un análisis de varianza (ANOVA) de regresión lineal y correlación para las formulaciones optimizadas se estudió el comportamiento de las tres mejores muestras y una muestra control. Las diferencias significativas entre las medias fueron identificadas a través del test de Tukey ($p < 0,05$), además, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, valor que puede variar entre $[-1 \text{ a } +1]$. Mientras mayor sea el valor absoluto del coeficiente, más fuerte será la relación entre las variables.

Resultados y discusiones

El diseño experimental arrojó las tres mejores muestras a partir del parámetro de deseabilidad, a cada muestra se le realizaron las pruebas descritas en la metodología obteniendo los resultados de la Tabla 1. De estos resultados se logró evidenciar que las PC tienen propiedades significativas con respecto a otros materiales, logrando clasificarse como un material que puede ser utilizado como empaque biodegradable y bioconservante.

Tabla 1. Propiedades mecánicas y de barrera de las PC

Formulaciones	CRA [%]	Espesor [mm]	PVA (g/s*m*Pa)	PO [cm ³ *m-2*d-1*Pa-1]	Opacidad Final [%]	Fuerza Tensil (MPa) 106	Elongación (%)
1	89,429 ± 0,002 ^a	0,203 ± 0,032 ^a	2,168E-09 ± 1,810E-10 ^a	9,18 x10-6 ± 0,93 ^a	16,027 ± 0,032 ^b	3,97 ± 1,0 ^a	63,19 ± 0,08 ^a
2	90,017 ± 0,003 ^a	0,253 ± 0,020 ^b	2,1311E-09 ± 1,357E-10 ^a	1,18a x10-6 ^a	23,557 ± 0,047 ^{ab}	3,12 ± 0,9 ^a	66,25 ± 0,02 ^a
3	89,462 ± 0,004 ^a	0,206 ± 0,001 ^c	1,983E-09 ± 2,121E-10 ^a	4,94 ± 0,14 x 10-7 ^a	32,448 ± 0,055 ^a	5,79 ± 1,6 ^a	31,29 ± 0,05 ^a
Control	88,083 ± 0,002 ^b	0,177 ± 0,047 ^d	2,176E-09 ± 3,026E-11 ^a		33,503 ± 0,022 ^a	2,92 ± 2,6 ^a	41,65 ± 0,06 ^a

Valor medio ± desviación estándar (n=3). Los valores medios de cada columna que comparten letras distintas son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Fuente: Los autores.

Estudios de microestructura de las películas

La Figura 1 ilustra el análisis de la microestructura de barrido electrónico, el cual permitió observar que las películas presentan un aspecto completamente liso, tanto en su superficie como en su corte transversal. A diferencia de películas elaboradas con proteína de pescado y distintos aceites esenciales (de Andrade Ferreira, 2014); con almidón y quitosano (Castillo *et al.*, 2017); almidón de yuca y fibras de celulosa (Moraes, Reszka, y Borges Laurindo, 2014) y de alginato con keratina (Gupta y Kumar Nayak, 2015), las PC elaboradas con EPS y demás componentes, presentan ventajas frente a las anteriores, debido a la homogeneidad de los materiales presentes en la estructura, probablemente porque el mayor tamaño de partículas es de 300 μm (EPS), generando una dispersión homogénea de las partículas en la disolución.

Análisis Térmico

El análisis termogravimétrico consiste en registrar continuamente la variación de la masa del material en estudio conforme se varía la temperatura a una tasa térmica constante (cambio de temperatura lineal). Este tipo de procedimiento termogravimétrico se conoce como análisis dinámico. Como resultado de análisis termogravimétrico se obtuvieron los datos de cambio de masa con respecto a la temperatura o al tiempo y un termograma, el cual representa gráficamente las variaciones por un periodo establecido (Rodríguez y Villegas, 2012) (Figura 1). De este análisis se evidenció que las PC soportan altas temperaturas, lo cual potencia su uso en procesos de esterilización y pasteurización.

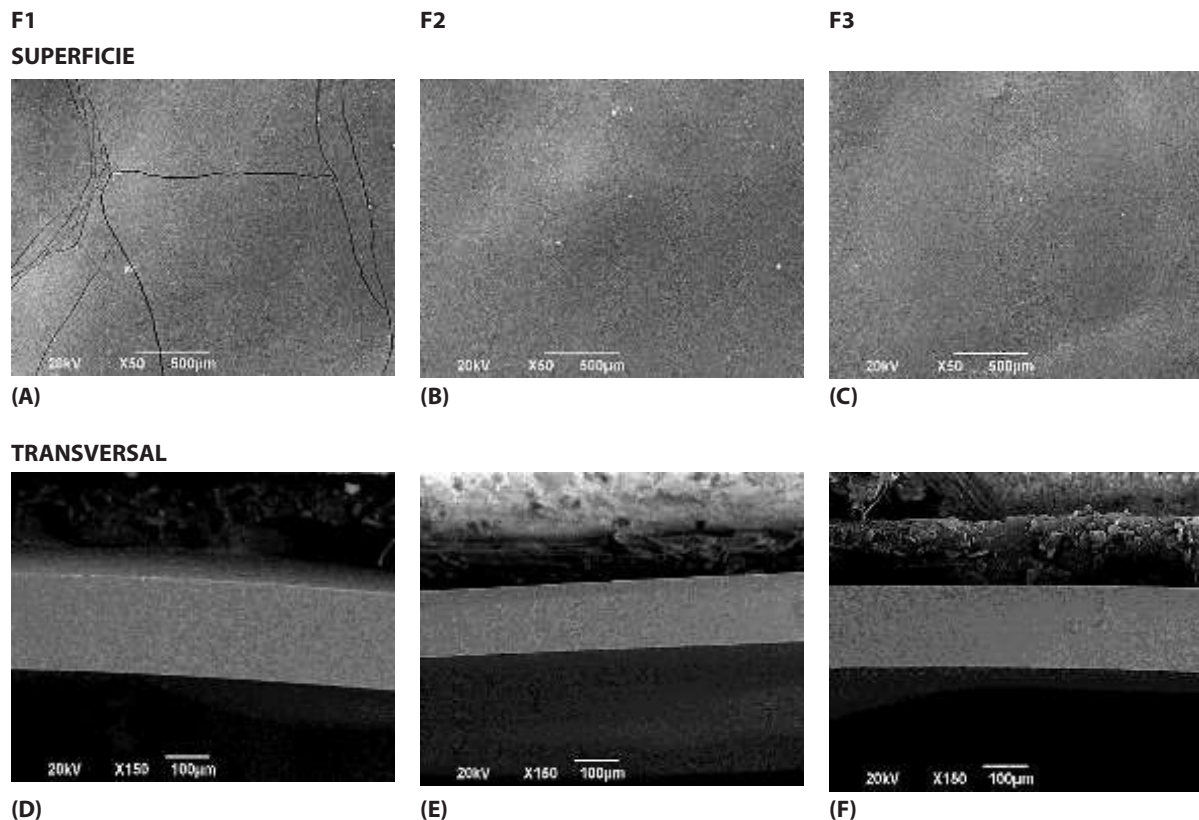


Figura 1. Fotografías de microscopía electrónica de barrido (SEM, scanning electron microscopy), A), B) y C) toma superficial (parte superior); D), E) y F) corte transversal (parte inferior).

Fuente: Los autores.

Conclusiones

Las propiedades físicas, capacidad de retención de agua, análisis térmico y barreras a gases (Vapor de Agua y Oxígeno), se vieron modificadas positivamente por el EPS lo que favoreció en la conservación y prolongación de la vida útil del producto cárnico.

Considerando los resultados de calidad microbiológica y fisicoquímica obtenidos en el producto, las películas comestibles pueden ser consideradas como empaque activo en embutidos tipo chorizo.

Agradecimientos

Agradecemos profundamente al grupo de investigación de la Universidad del Valle de Microbiología y Biotecnología Aplicada (MIBIA) y a la Escuela de Ingeniería de Alimentos por brindar el apoyo y la infraestructura física para realizar este trabajo.

Referencias

- Aguilar, L., Gastón, C., Llopiz, J., y Jérez, A. (2005). Estudio de termoestabilidad de goma xantano por análisis térmico y viscosimetría. *ICIDCA Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 39(3), 52-57.
- Arriciaga, G., Prieto, G., y Cornejo, F. (2013). *Efecto del tiempo de germinación en las características de hidratación de a harina y del gel de arroz*. (Tesis). Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- ASTM International (2005). *Standard Test Method for Oxygen Gas Transmission Rate Through Plastic Film and Sheeting Using a Coulometric Sensor*. (ASTM D3985 - 05). West Conshohocken, PA.
- ASTM International (2002). *Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting*. (ASTM D882 – 02). West Conshohocken, PA.
- ASTM International (2015). *Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Organic Coating Films*. ASTM D-1653-13 (2015). West Conshohocken, PA.
- Burgos, M. J., Aguayo, R. L., López, M. C., Pulido, R., y Pérez, A. (2011). Bioconservación de Alimentos Cárnicos. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, 24, 111-123.
- Castillo, L., Farenzena, S., Pintos, E., Rodriguez, M. S., Villar, M., García, M. A., y López, O. (2017). Active films based on thermoplastic corn starch and chitosan oligomer for food packaging applications. *Food packaging and shelf life*, 14, 128-136. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.10.004>
- Daudt, R. M., Avena, R. J., Williams, T., Wood, D. F., Kulkamp, I. C., Marczak, L. D., y McHugh, T. H. (2016). Comparative study on properties of edible films based on pinhao (*Araucaria angustifolia*) starch and flour. *Food hydrocolloids*, 60(1), 279-287. doi:10.1016.
- De Andrade Ferreira, F. (2014). *Filmes nanocompositos antimicrobianos obtidos a partir de proteínas de pescado e nanoargila incorporados com óleos essenciais*. (Tesis doctoral). Universidad Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brasil.



- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2016). *Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia*. Estudio de la Dirección de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas. pág. 24. Recuperado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/P%C3%A9rdida%20y%20desperdicio%20de%20alimentos%20en%20colombia.pdf>
- Gupta, P., y Kumar Nayak, K. (2015). Compatibility study of alginate/keratin blend for biopolymer development. *Journal of applied biomaterials & functional materials*, 13(4), 332-339.
- Lopez de Lacey, A. M. (2012). Diseño, desarrollo y aplicación de envases comestibles potencialmente bioactivos. (Tesis doctoral) Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
- Mata Gómez, J. A. (2006). Caracterización de los exopolisacáridos producidos por microorganismos halófilos pertenecientes a los géneros Halomonas, Alteromonas, Idiomarina, Palleronia y Salipiger. (Tesis doctoral). Universidad de Granada, España.
- Moraes, J. O de., Reszka, A., y Borges Laurindo, J. (2014). Espalhamento e secagem de filme de amido-glicerol-fibra preparado por "tape-casting". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49(2), 136-143.
- Álvarez Quintero, R. M. (2012). Formulación de un recubrimiento comestible para frutas cítricas, estudio de su impacto mediante aproximación metabolómica y evolución de la calidad poscosecha. (Tesis doctoral). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Rodríguez, E., y Villegas, E. (2012). Caracterización de polímeros aplicando el método termogravimétrico. *Materiales y métodos*, 2(1), 25-32.

Desarrollo de un biofilm en base a PLA cargado con iones de cobre soportados en nanopartículas de zeolita natural chilena y reforzado con nanofibras de celulosa para el empaque de alimentos cárnicos

Development of a biofilm based on PLA loaded with copper ions supported on nanoparticles of Chilean natural zeolite and reinforced with cellulose nanofibers for the packaging of meat foods

Modalidad: Póster

Judith Vergara¹
William Gacitúa²
Serguei Alejandro³

¹ Universidad del Bío-Bío, Centro de Biomateriales y Nanotecnología, Av. Casilla 5-C, Collao 1202, Concepción, Región del Bío Bío, Chile. judith.vergara1601@alumnos.ubiobio

² Universidad del Bío-Bío, Centro de Biomateriales y Nanotecnología, Av. Casilla 5-C, Collao 1202, Concepción, Región del Bío Bío, Chile.

³ Universidad del Bío-Bío, Centro de Biomateriales y Nanotecnología, Av. Casilla 5-C, Collao 1202, Concepción, Región del Bío Bío, Chile.

Resumen

El empleo de biofilms en base a fibras electrohiladas como material de envasado, está principalmente dirigido a mantener la frescura e inocuidad de los alimentos. La ventaja del electrospinning para tales aplicaciones radica en la relativa facilidad de encapsular agentes activos dentro y sobre la fibra. En este trabajo se presenta el desarrollo de un biofilm en base a microfibras de ácido poliláctico con agentes activos. Entre ellos, iones de cobre soportados en nanopartículas de zeolita natural chilena y reforzado con nanofibras de celulosa. Se pretende que el biopolímero desarrollado pueda ser empleado en el empaque de alimentos cárnicos.

Palabras claves: antibacterianos, biofilm, iones de cobre, nano celulosa nanozeolita, PLA, refuerzo mecánico.

Introducción

Desde los años 90 se ha estado investigando el uso de zeolitas como soportes de cationes para ser usados a modo de portadores de los agentes antimicrobianos en films de contacto con alimentos. Sin embargo, su implementación en el mercado alimenticio no es aun factible debido a que no se ha encontrado una configuración adecuada que reúna las cualidades necesarias para aplicarlas en films de empaques de alimentos. Las partículas de zeolita activadas con iones de sales de cobre pueden incorporarse directamente en una película de contacto con alimentos. El propósito es permitir la retención de los iones en el esqueleto de la zeolita, funcionando como portador (Brody, Strupinsky, y Kline, 2001). La matriz

de los films de empaque de alimentos es un problema asociado al envasado clásico de alimentos. El impacto ambiental de los plásticos (Comisión de Medio Ambiente y Bienes Nacionales del Senado, 2018) ha provocado una mayor demanda de materiales biodegradables para la construcción de films de empaque. Un biopolímero con propiedades adecuadas para la elaboración es el ácido poliláctico (PLA) (Álvarez Paino, Muñoz Bonilla, y Fernández García, 2017). Si bien el uso de biopolímeros es una alternativa al empaque de alimentos, su aplicación en la industria del envasado está limitada por sus propiedades mecánicas (Gómez *et al.*, 2016). En esta investigación se presenta la elaboración de un biofilm de empaque en base a microfibras de PLA, cargado con iones de cobre soportados en nanopartículas de zeolita y reforzado con nanofibras de celulosa mediante electrospinning en configuración dual. La morfología de los biofilms fue analizada, como así también sus propiedades mecánicas.

Materiales y Métodos

Materiales

Las nanopartículas de nanofibras de celulosa (NFC) y zeolita fueron procesadas en el Centro de Biomateriales y Nanotecnología de la Universidad del Bio-Bio, Chile. Las NFC se obtuvieron a partir de pulpa kraft blanqueada de rechazo (*Eucaliptus*, Planta Celulosa CMPC Laja). Las nanopartículas de zeolita fueron producidas a partir de zeolita natural chilena (Empresa Minera Formas). En la preparación de las disoluciones se utilizó agua desionizada. Los reactivos utilizados fueron: ácido acético, anhídrido acético, ácido tartárico, HCl, NaOH, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, PLA Natureworks polymer 2002 D, cloroformo y acetona.

Preparación de mezclas utilizando el biopolímero PLA como matriz y nanopartículas como fase dispersa

En la fabricación del biotejido se utilizaron dos mezclas poliméricas que fueron inyectadas simultáneamente (Kayaci, Umu, Tekinay, y Uyar, , 2013; Toncheva *et al.*, 2013 y Ifkovits *et al.*, 2010). Se utilizó el equipo electrospinning vertical ascendente marca Inovenso NE300, adaptado en configuración dual. Para ambas mezclas se utilizó el biopolímero ácido poliláctico para extrusión. El polímero fue disuelto en una solución de cloroformo: acetona en una proporción 2:1 respectivamente. La concentración de elementos en fase dispersa (nanozeolita y NFC) se adicionaron en base peso seco de la cantidad de biopolímero a usar en las mezclas. Una de las mezclas fue la portadora de los iones de cobre soportados en nanozeolita. La otra mezcla portó las NFC acetiladas. En la figura 1 se puede ver una representación esquemática de la configuración de electrospinning dual, inyectando simultáneamente dos mezclas poliméricas. Para el desarrollo de los biofilms, el equipo electrospinning fue calibrado siguiendo los parámetros de un estudio realizado anteriormente por los propios autores. La distancia del inyector hacia el colector fue de 20 cm; el voltaje aplicado fue de 24 kV; el flujo de salida de solución fue de 0,1 mL/h. Se utilizó un colector de tambor rotativo. Para el análisis estadístico se consideró un diseño factorial general con tres niveles, usando el software Design-Expert 10.0.3.

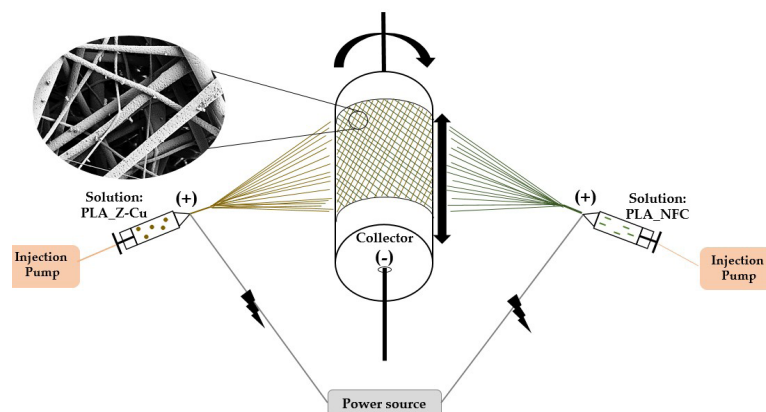


Figura 1. Representación esquemática de la fabricación de un biofilm bicomponente mediante inyección simultánea de dos mezclas poliméricas usando un electrospinning vertical ascendente en configuración dual. Adaptado de Toncheva *et al.*, 2013.

Fuente: Toncheva *et al.*, 2013.

Caracterización morfológica y mecánica

La morfología de las fibras de los biofilms fue analizada mediante SEM. En el análisis morfológico se consideró: homogeneidad, continuidad, tamaños, porosidad. Las imágenes obtenidas fueron analizadas usando el software Image J. Se realizó ensayo de tracción en una máquina universal marca Zwick Roell, siguiendo el protocolo de la norma ASTM D 882-12 (ASTM International, 2012). Durante los ensayos se usaron probetas de 2 cm de ancho por 10 cm de largo en quintuplicado.

Resultados y discusiones

Caracterización elemental a nanopartículas de zeolita natural con iones de cobre

En la figura 2 se puede observar que existe un importante acople de sal de cobre sobre los poros de la zeolita. Este resultado es deseable puesto que la zeolita actúa como medio de transporte de las sales de cobre, las cuales a su vez cumplirán la función antibacteriana.

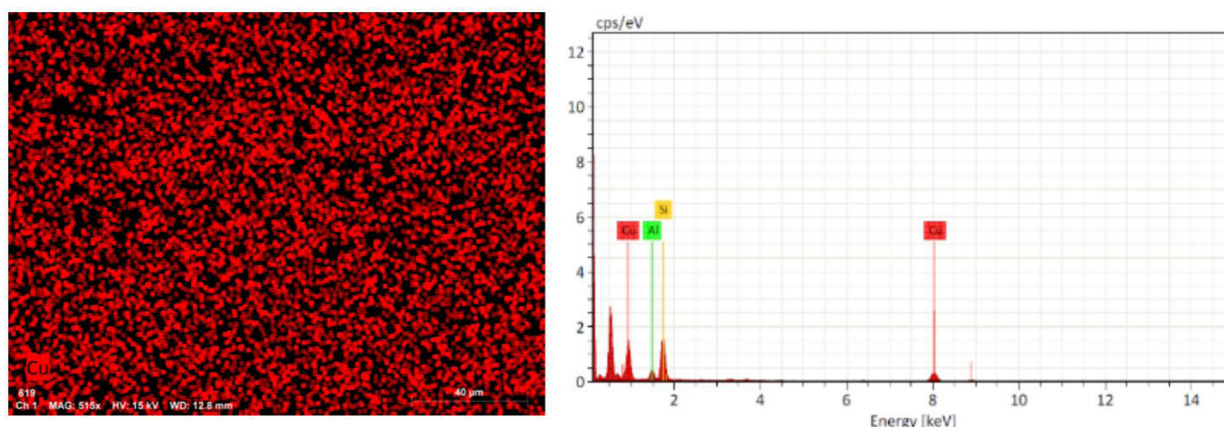


Figura 2. Análisis elemental de nanopartículas de zeolita natural posterior al proceso de intercambio iónico.

Fuente: Los autores.

Caracterización morfológica de las fibras posterior al proceso de electrospinning

El proceso de fabricación mediante la técnica de electrospinning otorgó biofilms con microfibras continuas, de diámetros que van desde 1,71 a 2,42 μm . De acuerdo a la tabla 1, se observa que a medida que aumenta la cantidad de nanopartículas en los biofilms, las fibras tienden a mostrar imperfecciones del tipo hélice.

Tabla 1. Morfología de las fibras posterior al proceso de electrospinning

PLA-NFC (%)	PLA_Z-Cu (%)			
	0	1	2	3
0	Fibras continuas	-	-	-
1	-	Fibras continuas	Fibras continuas	Fibras continuas y hélices
1.5	-	Fibras continuas	Fibras continuas	Fibras continuas y hélices
2	-	Fibras continuas	Fibras continuas y hélices	Fibras continuas y hélices

Fuente: Los autores

Caracterización mecánica a los biotejidos desarrollados

Para todos los tratamientos en que se adicionó NFC a la mezcla, se evidenció un aumento en sus propiedades mecánicas, en comparación con el blanco (sin inserción de nanopartículas). Esto significa que los biofilms generados con inserción de nanopartículas poseen mayor resistencia mecánica y mayor elongación. El biofilm sin nanopartículas obtuvo un módulo elástico de $274,11 \pm 29$ MPa. El módulo elástico más alto fue de $807,94 \pm 89$ MPa correspondiente a NFC 2(%) Z-Cu 1(%), seguido de $754,73 \pm 73$ MPa correspondiente a NFC 2(%) Z-Cu 2(%). En otras palabras, la inserción de nanopartículas otorgó un aumento máximo del 194,75 % para NFC 2(%) Z-Cu 1(%), seguido del 175,34 % para NFC 2(%) Z-Cu 2(%), con respecto al blanco (Tabla 2).

Tabla 2. Propiedades mecánicas a los biotejido desarrollados

Nanopartículas (%)	E (MPa)	Incremento (%) de E	s (MPa)	Incremento (%) de s	ϵ (%)	Incremento (%) de ϵ
NFC 0(%) Z-Cu 0(%)	$274,11 \pm 29$	0	$2,22 \pm 0,26$	0	$4,19 \pm 1,23$	0
NFC 1(%) Z-Cu 1(%)	$665,4 \pm 110$	142,75	$3,14 \pm 0,10$	41,44	$5,73 \pm 1,55$	36,75
NFC 1(%) Z-Cu 2(%)	$602,19 \pm 144$	119,69	$2,33 \pm 0,28$	4,95	$4,11 \pm 1,00$	≤ 0
NFC 1(%) Z-Cu 3(%)	$579,08 \pm 16$	111,26	$2,73 \pm 0,29$	22,97	$4,74 \pm 0,98$	13,13
NFC 1.5(%) Z-Cu 1(%)	$654,94 \pm 33$	138,93	$3,05 \pm 0,43$	37,39	$10,06 \pm 1,37$	140,09
NFC 1.5(%) Z-Cu 2(%)	$704,24 \pm 29$	156,92	$3,26 \pm 0,11$	46,84	$8,25 \pm 2,89$	96,90
NFC 1.5(%) Z-Cu 3(%)	$640,15 \pm 102$	133,54	$3,34 \pm 0,26$	50,45	$6,66 \pm 1,44$	57,52
NFC 2(%) Z-Cu 1(%)	$807,94 \pm 89$	194,75	$2,96 \pm 0,32$	33,33	$14,78 \pm 3,01$	252,74
NFC 2(%) Z-Cu 2(%)	$754,73 \pm 73$	175,34	$3,23 \pm 0,21$	45,5	$13,06 \pm 2,56$	211,69
NFC 2(%) Z-Cu 3(%)	$660,7 \pm 60$	139,51	$3,11 \pm 0,28$	40,1	$10,31 \pm 2,59$	146,06

Fuente: Los autores

Caracterización elemental a biofilm con mejores propiedades mecánicas

La imagen SEM (figura 3.a) muestra fibras continuas y partículas de zeolita sobre las fibras. El mapa elemental (figura 3.b)) indicó que existe presencia de cobre sobre el biofilm.

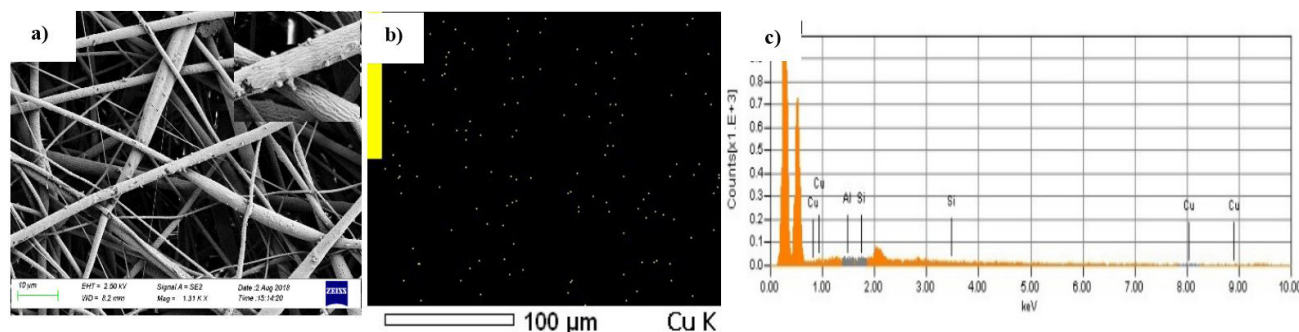


Figura 3. a) Imagen SEM, b) mapa elemental SEM-EDS y c) espectro SEM-EDS, al biofilm con mejores propiedades mecánicas (NFC 2(%) Z-Cu 1(%)).

Fuente: Los autores

Conclusiones

Se desarrolló un biofilm con inserción de agentes activos mediante electrospinning, dando como resultado fibras continuas. Sólo con concentraciones muy altas de nanopartículas las fibras mostraron imperfecciones del tipo hélice. Las pruebas de tracción mostraron un aumento en todas las propiedades mecánicas al adicionar NFC a la mezcla. Este trabajo indica que es posible fabricar films en base a PLA con inserción de iones de cobre en nanozeolita y reforzada con nanocelulosa, mediante la técnica de electrospinning. Se proyecta realizar un análisis microbiológico para comprobar la efectividad de actividad antibacteriana de los biotejidos desarrollados.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del centro del Centro de Biomateriales y Nanotecnología de la Universidad del Bio-Bio, Chile, así como al Departamento de Bioproductos y Biosistemas de la Universidad Aalto, Finlandia.

Referencias

- Álvarez Paino, M., Muñoz Bonilla, A., y Fernández García, M. (2017). Antimicrobial Polymers in the Nano-World. *Nanomaterials*, 7(2), 48.
- ASTM International. (2012). Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting. (ASTM D882). *ASTM Standards*.
- Brody, A., Strupinsky, E., y Kline, L. (2001). *Active Packaging for Food Applications*. Boca Raton: CRC Press.
- Comisión de Medio Ambiente y Bienes Nacionales del Senado. (2018). Informe proyecto de ley 14-2018. Santiago, Chile.
- Gómez H., C., Serpa, A., Velásquez-Cock, J., Gañán, P., Castro, C., Vélez, L., y Zuluaga, R. (2016). Vegetable nanocellulose in food science: A review. *Food Hydrocolloids*, 57, 178–186.
- Han, J. H. (Ed.). (2005). *Innovations in food packaging*. Elsevier, Academic Press.
- Ifkovits, J., Sundararaghavan, H., & Burdick, J. (2010). Electrospinning Fibrous Polymer Scaffolds for Tissue Engineering and Cell Culture. *J Journal of visualized experiments: JoVE*, (32).



- Kayaci, F., Umu, O. C., Tekinay, T., y Uyar, T. (2013). Antibacterial Electrospun Poly(lactic acid) (PLA) Nanofibrous Webs Incorporating Triclosan/Cyclodextrin Inclusion Complexes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(16), 3901-3908.
- Pai, C. L., Boyce, M. C., y Rutledge, G. C. (2011). On the importance of fiber curvature to the elastic moduli of electrospun nonwoven fiber meshes. *Polymer*, 52(26), 6126–6133.
- Toncheva, A., Paneva, D., Manolova, N., Rashkov, I., Mita, L., Crispi, S., y Damiano, G. M. (2013). Dual vs . single spinneret electrospinning for the preparation of dual drug containing non-woven fibrous materials. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 439, 176–183.

Efecto de la inclusión de una fibra prebiótica: inulina en películas comestibles de almidón de yuca

Effect of the inclusion of a prebiotic fiber: inulin in edible cassava starch films

Modalidad: Póster

Julieth Orozco¹
Cristian C. Villa²
Clara M. Mejía³

¹Universidad del Quindío, Ciencia y Tecnología de Alimentos, Cra. 15 #12N, Armenia, Colombia.
jorozcop@uqvirtual.edu.co

²Universidad del Quindío, Agroindustria de Frutas Tropicales, Cra. 15 #12N, Armenia, Colombia.

³Universidad del Quindío, Agroindustria de Frutas Tropicales, Cra. 15 #12N, Armenia, Colombia.

Resumen

En este trabajo se realizó la caracterización fisicoquímica de películas de almidón de yuca plastificadas con glicerol e inulina a diferentes concentraciones. Las soluciones formadoras de película se prepararon con 3 % de almidón de yuca, inulina al 0,1, 0,5 y 1,0 %, y 30 % de glicerol con respecto a la materia seca. Las películas al 0,5 y 1 % presentaron una disminución del esfuerzo de tensión y un aumento significativo del porcentaje de elongación, lo que reveló un efecto plastificante al adicionar inulina a la película. Además parámetros como una disminución de la solubilidad a pH bajos y mayor viscosidad de las soluciones formadoras de película hacen que sean las más adecuadas para actuar como agente encapsulantes y como recubrimientos de materiales sólidos.

Palabras claves: *almidón de yuca, efecto plastificante, inulina, películas.*

Introducción

Las películas comestibles se definen como productos comestibles que forman una capa fina sobre una superficie sólida y que se caracterizan por ser una barrera semipermeable a gases y al vapor de agua, permiten mejorar las propiedades mecánicas, mantener la estructura del producto que envuelven y además pueden actuar como vehículo de sustancias bioactivas (Saavedra y Algecira, 2010). La inulina es un oligo- o polisacárido compuesto por unidades de fructosa que generalmente termina con un grupo glucosídico. Esta sustancia es considerada un prebiótico, ya que estimula el desarrollo y la actividad metabólica de microorganismos probióticos que tienen efectos beneficiosos sobre la salud del huésped (Shoaib *et al.*, 2016). Además de tener un efecto prebiótico, la inulina presenta características destacables como su buena compatibilidad con los tejidos y no puede ser hidrolizada por las enzimas digestivas presentes en las partes superiores del tracto gastrointestinal lo que permitiría la liberación controlada de compuestos bioactivos en el colon, como los probióticos (Mensink, Frijlink, Van Der Voort Maarschalk, y Hinrichs, 2015; Vega, 2011). Según la aplicación de la película comestible, se requiere determinar sus propiedades mecánicas y de barrera, por este motivo se realizó la caracterización fisicoquímica de las películas de almidón de yuca plastificadas con glicerol cuando se incluye inulina a diferentes concentraciones en la red polimérica para determinar la película con condiciones más aceptables para utilizarse como agente encapsulante y como recubrimiento.



Materiales y Métodos

Formación de películas comestibles de almidón de yuca y sustancias prebióticas

Se preparó la película comestible de almidón de yuca al 3 y 1 % de glicerol. Posteriormente se prepararon soluciones formadoras de películas prebióticas, en todos los casos la composición de las soluciones fue 3 % de almidón de yuca; 0,1, 0,5 y 1,0 % de inulina respectivamente, y la cantidad de agente plastificante, el 30 % de la materia seca. La metodología se basó en la empleada por Soukoulis, Singh, Macnaughtan, Parmenter, y Fisk (2016) con algunas modificaciones. Finalmente se adicionó 25 ml a cada caja de Petri y se secaron durante 22 h a 35°C para su caracterización.

Caracterización fisicoquímica de las películas comestibles prebióticas

Las películas de inulina se retiraron intactas de las cajas de Petri y se realizaron varias medidas del espesor (x). El espesor calculado fue la media de las medidas realizadas en diferentes partes de las películas. El color fue evaluado por medio de un espectrocolorímetro donde se midieron los componentes L^* , a^* , b^* y se calculó la diferencia total de color de acuerdo a la Ec. (1). La opacidad se midió mediante espectroscopia UV-Vis determinando la absorbancia de la película a 591 nm después de su calibración con una muestra de aire, y se calculó mediante la Ec. (2).

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \text{Ec. (1)}$$

$$\text{Opacidad} = \frac{A}{x} \quad x = \text{espesor} \quad \text{Ec. (2)}$$

La caracterización mecánica (esfuerzo de corte (TS) y porcentaje de elongación (%E) a la rotura) de las películas se llevó a cabo en un analizador de textura. Las propiedades estructurales se estudiaron por medio de los espectros de difracción de rayos X (DRX) de las películas y se analizaron los espectros infrarrojos empleando un espectrofotómetro infrarrojo FTIR. Se determinó la temperatura de transición vítrea (T_g) de las películas mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC). Por último se evaluó la permeabilidad del vapor de agua (PVA) de la película formada usando como guía las normas ASTM E96-93, ISO 7783 y NFT 30-018, y se calculó el porcentaje índice de solubilidad en agua y en HCl de las películas mediante la Ec. (3). Por último se midieron las propiedades reológicas de las soluciones formadoras de películas.

$$\% IS = \frac{W_{inicial} - W_{final}}{W_{inicial}} \times 100\% \quad \text{Ec. (3)}$$

Resultados y discusiones

En general se observa que una mayor cantidad de solutos en la película se traduce en un mayor espesor. El color y las propiedades ópticas son factores muy importantes en las películas comestibles utilizadas para recubrir alimentos, ya que afectan directamente la preferencia de un consumidor al elegir un producto (Forde, 2018). La diferencia total de color ΔE^* (Tabla 1) menor a 1 indica que no hay una diferencia perceptible al ojo humano (Pereira, 2010).

Tabla 1. Muestra de una tabla. Utilice el formato de seguimiento en la Tabla.

Película con inulina	Espesor (mm)	Opacidad	Esfuerzo de tensión (MPa)	% Elongación	PVA x 10 ⁻⁷ (g/m.s.Pa)	ISA %	% IS HCl
0%	0,095±0,01	4,444	14,1±0,69	74,4±2,83	2,68±0,05	44,64±2,37	70,25±5,69
0,1%	0,120±0,02	4,317	4,43±0,45	74,5±13,25	2,65±0,09	46,06±1,49	76,56±7,22
0,5%	0,135±0,02	3,76	2,58±0,49	168,1±6,95	2,84±0,07	61,81±3,74	73,49±3,92
1%	0,162±0,02	3,161	1,33±0,17	159,6±7,38	2,70±0,13	57,32±0,91	69,72±1,96

Fuente: Los autores

El aumento de la concentración de inulina disminuyó la opacidad de las películas (Tabla 1). A pesar de que la inulina es un polisacárido, el efecto que tiene sobre la película es análogo al del glicerol, ya que cuando se introduce cambia la microestructura de la red polimérica disminuyendo la turbidez y de esta manera mejora la opacidad de las películas (Ganesan, Shanmugam, Palaniappan, y Rajauria, 2018). En la Tabla 1 se observa que a medida que aumenta la concentración de inulina disminuye el esfuerzo de corte y aumenta significativamente el porcentaje de elongación de las películas al 0,5 y 1,0 %. Domínguez-Courtney y Jiménez-Munguía, 2012 reportan que los plastificantes al reducir los enlaces intermoleculares entre las cadenas de los polímeros son efectivos agentes suavizantes, que provocan una disminución en el esfuerzo de ruptura y el aumento de elongación de las películas a base de almidón. El efecto plastificante se atribuye al aumento de la concentración de inulina en la película, por las interacciones que se generan entre el glicerol, el almidón y la inulina que permite una mayor movilidad de las cadenas poliméricas (Gurgel *et al.*, 2011).

Mediante la espectroscopia de infrarrojo se reconocieron grupos funcionales característicos de la inulina en las películas, y en los difractogramas de rayos X se observan bandas amplias características de materiales amorfos. La T_g entre 68-75 °C obtenida por medio de DSC indica que las películas son aptas para su almacenamiento a temperatura ambiente y refrigeración. Por otro lado los valores de PVA se encuentran cercanos a los reportados en la literatura para películas a base de almidón y no se observan diferencias significativas entre las películas a diferentes concentraciones de inulina. En cuanto a la solubilidad en agua se observa un aumento a medida que aumenta la concentración de inulina como se observa en la Tabla 1, y aunque la solubilidad en HCl es mayor que en agua, se evidencia una disminución de su valor cuando se aumenta la concentración de inulina, debido a que para la hidrólisis de la inulina se requieren pH ácidos y altas temperaturas.

Las propiedades reológicas son bastante útiles para comprender la microestructura de las películas. Se evidenció que a medida que aumenta la concentración de inulina en la solución, aumenta la viscosidad aparente inicial (η_0), esto revela un aumento de interacciones de segundo orden que dan lugar a una nueva estructura con un mayor grado de entrelazamiento entre el almidón, el glicerol y la inulina que requirió un mayor esfuerzo para romperlos (Ghasemlou, Khodaiyan, y Oromiehie, 2011). Se observó un comportamiento de fluido tixotrópico, ya que cuando se somete la solución a un ciclo de cizallamiento con un tiempo de relajación, la resistencia a fluir cambia y se generan ciclos de histéresis. En la etapa de esfuerzo decreciente se observa una reducción de la viscosidad tras la aplicación previa de una cizalla, lo que indica que la microestructura no se ha recuperado y las fuerzas intermoleculares existentes son diferentes, dando lugar a una estructura menos enmarañada (García, 2008).

Conclusiones

Las películas con inulina al 0,5 y 1,0 % de inulina presentaron menores esfuerzos de tensión y mayores porcentajes de elongación a la rotura, así como una menor solubilidad a pH bajos y mayor viscosidad, características que las hacen más aceptables para utilizarse como agentes encapsulantes de microorganismos probióticos y como recubrimientos. Estas películas pretenden ser utilizadas para encapsular *L. casei* con el fin de funcionalizar un alimento.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los grupos de investigación de Ciencia y Tecnología en Alimentos y Agroindustria de Frutas Tropicales de la Universidad del Quindío por el apoyo y los recursos prestados para la realización de este trabajo.

Referencias

- Domínguez-Courtney, M. F., y Jiménez-Munguía, M. T. (2012). Películas comestibles formuladas con polisacáridos: propiedades y aplicaciones. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 6 (2), 110–121.
- Forde, C. G. (2018). From perception to ingestion; the role of sensory properties in energy selection, eating behaviour and food intake. *Food Quality and Preference*, 66, 171–177. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.01.010>



- Ganesan, A. R., Shanmugam, M., Palaniappan, S., y Rajauria, G. (2018). Development of edible film from *Acanthophora spicifera*: Structural, rheological and functional properties. *Food Bioscience*, 23, 121–128. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.12.009>
- García, J. C. (2008). TEMA 2. FLUIDOS VISCOSOS. Alicante: Universidad de Alicante. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10045/3623>
- Ghasemlou, M., Khodaiyan, F., y Oromiehie, A. (2011). Rheological and structural characterisation of film-forming solutions and biodegradable edible film made from kefir as affected by various plasticizer types. *International Journal of Biological Macromolecules*, 49(4), 814–821. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2011.07.018>
- Gurgel, M., Vieira, A., Altenhofen, M., Silva, D., Oliveira, L., Santos, D., y Beppu, M. M. (2011). Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. *European Polymer Journal*, 47, 254–263. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2010.12.011>
- Mensink, M. A., Frijlink, H. W., Van Der Voort Maarschalk, K., y Hinrichs, W. L. J. (2015). Inulin, a flexible oligosaccharide. II: Review of its pharmaceutical applications. *Carbohydrate Polymers*, 134, 418–428. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.08.022>
- Pereira, J. (2010). Observación del Gamut. Recuperado de: <http://www.jpereira.net/rough-profiler/validar-perfil-color-icc-delta-e>
- Saavedra, N., y Algecira, N. A. (2010). Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. *Nova*, 8(14), 171–182. doi: <https://doi.org/10.22490/24629448.448>
- Shoaib, M., Shehzad, A., Omar, M., Rakha, A., Raza, H., Sharif, H. R., ... Niazi, S. (2016). Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate Polymers*, 147, 444–454. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.04.020>
- Soukoulis, C., Singh, P., Macnaughtan, W., Parmenter, C., y Fisk, I. D. (2016). Compositional and physicochemical factors governing the viability of *Lactobacillus rhamnosus* GG embedded in starch-protein based edible films. *Food Hydrocolloids*, 52, 876–887. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.08.025>
- Vega, J. A. (2011). *Obtención y caracterización de inulina entrecruzada como agente encapsulante de tocoferol*. (Tesis). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Obtención de quitosano a partir de escamas residuales del proceso de comercialización de tilapia roja (*Oreochromis sp*)

Obtaining chitosan from residual scales from the commercialization process of red tilapia (*Oreochromis sp*)

Modalidad: Póster

Soraya Alzáte-Pérez¹
Yesica-Johana Vargas-Mira²
Miller-Danlian Lizarazo-Parra³
Edwing Velasco⁴

¹Instituto Universitario de la Paz, Grupo de Investigación PROCA, Km 12 vía Bucaramanga, Barrancabermeja, Colombia. soraya.alzate@unipaz.edu.co

²Instituto Universitario de la Paz, Grupo de Investigación PROCA, Km 12 vía Bucaramanga, Barrancabermeja, Colombia. yesica.vargas@unipaz.edu.co

³Instituto Universitario de la Paz, Grupo de Investigación PROCA, Km 12 vía Bucaramanga, Barrancabermeja, Colombia. miller.lizarazo@unipaz.edu.co

⁴Instituto Universitario de la Paz, Grupo de Investigación GREIP, Km 12 vía Bucaramanga, Barrancabermeja, Colombia. edwin.velasco@unipaz.edu.co

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica y microbiológica del quitosano extraído de escamas de tilapia roja (*Oreochromis sp*). La extracción se realizó por desmineralización, desproteinización y desacetilación del exoesqueleto molido previamente lavado. El quitosano se caracterizó por determinaciones de cenizas, humedad, material insoluble, titulación potenciométrica, FTIR y análisis microbiológico (aerobios mesófilos, coliformes totales, *E. coli*, *Salmonella sp*, hongos y levaduras). Se determinó que el rendimiento de extracción fue de 17 %, con un grado de desacetilación del 64 % y una naturaleza química, así como los valores de cenizas, humedad y solubilidad, similares a los de quitosano comercial reportados en la literatura. El análisis microbiológico del quitosano arrojó que la presencia de microorganismos no superó 5 UFC/mL.

Palabras claves: FTIR, Desacetilación, Extracción, Quitina.

Introducción

Uno de los principales problemas de la agroindustria pesquera es el alto volumen de residuos generados. Estos causan, entre otras consecuencias, un enorme impacto ambiental. De acuerdo con Romo (2016) entre los efectos de la generación acelerada de estos residuos se pueden mencionar la aparición de malos olores, la proliferación de microorganismos y la contaminación de los cuerpos de agua. Una estrategia para la mitigación del impacto asociado a esta actividad comercial es la valorización de sus residuos de manera que puedan permanecer en la cadena de valor como subproductos. Se tiene conocimiento, que los exoesqueletos de peces y crustáceos tienen una composición importante de quitina (entre el 15 y 40 %) que puede ser fácilmente transformada en quitosano, producto de gran valor a nivel industrial y farmacéutico por sus propiedades antimicóticas y antimicrobianas. El quitosano, según Nakamatsu (2012), es un polímero biodegradable, biocompatible, no tóxico ni alergénico y con actividad antimicrobiana. Estas propiedades, sumadas a su fácil disolución, facilita su procesamiento y la hace un biomaterial con innumerables aplicaciones. El primer paso para verificar la utilidad



de tales residuos de la industria pesquera es determinar la viabilidad técnica de su uso como sustrato para la elaboración de un producto de alto valor agregado como el quitosano. Por esta razón, la meta de este trabajo es determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica del quitosano extraído de escamas residuales del proceso de comercialización de tilapia roja.

Materiales y Métodos

Obtención de quitosano

Se utilizaron escamas residuales del proceso de comercialización de Tilapia Roja, adquiridas en una distribuidora Piscícola en Barrancabermeja, Santander, Colombia. Las escamas se limpiaron manualmente para remover los restos de tejido animal y se lavaron consecutivamente con soluciones de NaClO (Merck, pureza de 99 %) al 10 % en peso y NaOH (Merck, pureza de 99%) al 10 % en peso, para su desinfección y blanqueamiento. Posteriormente, se dejaron secar a temperatura ambiente y se molieron utilizando un molino manual (Corona S.A.). Una muestra de 100 g del polvo de quitosano obtenido tras la molienda fue mezclada con 100 mL de agua destilada (tipo 1) y 150 mL de ácido láctico (Merck) concentrado al 88 % en peso, bajo condiciones de agitación y temperatura constante a 100 rpm y 10 °C, respectivamente, durante 24 h. Después de este periodo, se adicionaron 200 mL de agua destilada a la mezcla y se realizó su filtración al vacío; el líquido filtrado se mezcló con 120 mL de una solución de NaOH al 50 % en peso y se mantuvo en reposo durante 48 h hasta observar la aparición de un precipitado blanco, el cual se separó por filtración y se lavó con agua destilada para eliminar impurezas. Todo el sólido filtrado se mezcló con 100 mL de una solución de KOH al 70 % en peso y se mantuvo bajo condiciones de agitación a 100 rpm y temperatura de 120 °C durante 2 h. Posteriormente, la mezcla se filtró para recuperar el sólido, el cual se lavó con agua destilada hasta un pH neutro. Por último, el filtrado se secó en horno (Binder, modelo FD 23) a 50 °C durante 2 h.

Caracterizaciones

El quitosano se analizó para detectar la presencia de: aerobios mesófilos utilizando la Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994; Coliformes totales y fecales, según NOM-210-SSA1-2014; *E. coli*, según Norma CCAYAC-M-004; *Salmonella sp.*, según Norma Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014; y *Shigella sp.*, hongos y Levaduras, según lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994. El contenido de humedad se determinó mediante el seguimiento de la pérdida de peso por desecación en horno con convección forzada (Binder, modelo FD 23) a 105 °C durante 4 h. El porcentaje de cenizas en el quitosano se determinó mediante la variación entre el peso antes y después ser incinerado en una mufla (Carbolite) a 800 °C durante 6 horas. La materia insoluble se determinó mediante el cálculo de la masa recuperada en el filtrado de una disolución de quitosano en una solución de ácido acético (al 1 % en peso) a una concentración de 1 % en peso. La titulación potenciométrica de la muestra de quitosano se realizó con el fin de protonar los grupos amino libres del quitosano para determinar su concentración, mediante el procedimiento descrito por Escobar, Castro, y Vergara (2015). Para esto, una muestra de quitosano se disolvió en un exceso de una solución de HCl a 0,1 mol/L que posteriormente se valoró con una solución de NaOH a 0,1 mol/L, realizando el seguimiento del pH cada 2 mL de base añadida; en consecuencia, se construyó una curva de titulación de pH vs volumen de HCl. Todo el proceso se realizó a temperatura ambiente y bajo condiciones de agitación constante a 100 rpm. El quitosano fue analizado por FTIR utilizando un SHIMADZU modelo IR Affinity-1, en el rango entre 400 y 3600 cm⁻¹, mediante la técnica de pastillaje con KBr. El grado de N-acetilación y N-desacetilación se determinó mediante la relación entre el área de los picos encontrados por FTIR a 1320 y 1420 cm⁻¹, tal como lo reporta Brugnerotto *et al.* (2001).

Resultados y discusiones

En este trabajo se realizó la obtención de quitosano a partir de escamas residuales en el proceso de comercialización de Tilapia Roja. Por cada 100 gr de escamas secas y limpias se obtuvieron 17,45 g de quitosano en polvo. De acuerdo con varios autores el contenido de quitosano en escamas de peces puede oscilar entre 17 y 40 %, lo que es coherente con el rendimiento presentado. En el análisis microbiológico se detectó una concentración inferior a 5 UFC/g de aerobios mesófilos, coliformes totales, *E. coli*, *Salmonella sp*, hongos y levaduras. Los valores de humedad, cenizas y pH son inferiores a los reportados para quitosano extraído a partir de cangrejo (Ming-Tsung, 2009). La humedad encontrada puede estar asociada con restos de agua procedentes del tratamiento de extracción, o a humedad absorbida en la superficie durante el almacenamiento de las muestras como consecuencia de su gran afinidad con la naturaleza superficial del quitosano dotada con grupos OH y amino (Escobar *et al.*, 2015). Las cenizas determinadas pueden estar vinculadas con restos de CaCO_3 , predominantes en materiales como escamas o exoesqueletos de crustáceos y peces (Hernández, Águila, Flores, Viveros, y Ramos, 2009). Los resultados de solubilidad determinados son coherentes con los reportados por Hernández *et al.* (2009); de acuerdo con estos autores, la alta solubilidad en medio ácido es debida a la protonación de los grupos $-\text{NH}_2$, liberados tras el proceso de desacetilación de la quitina.

En la Figura 1a, se presentan los resultados de la titulación potenciométrica del quitosano y su primera derivada. Se observa que la curva se caracteriza por tener dos puntos de inflexión, especificados en la primera derivada, los cuales corresponden a la cantidad mínima (16 mL) y máxima (46 mL) de ácido requerido para protonar los grupos amino presentes en el quitosano; a partir de estos valores y lo reportado por Escobar *et al.* (2015) se determinó que el porcentaje de desacetilación alcanzado fue de 61,3. Al comparar estos resultados con los reportados por Hernández *et al.* (2009), se observa que el rendimiento obtenido en este trabajo es muy similar al que presentan tanto para el quitosano proveniente de exoesqueletos de camarón, como para el comercial. En la Figura 1b se presentan los resultados del análisis infrarrojo del quitosano. Tal como lo reporta Brugnerotto *et al.* (2001), todas las bandas y picos observados son atribuibles a la naturaleza del quitosano. De acuerdo con lo reportado por estos autores, el porcentaje de desacetilación calculado a partir del área de los picos a 1320 y 1420 cm^{-1} , es de 64.

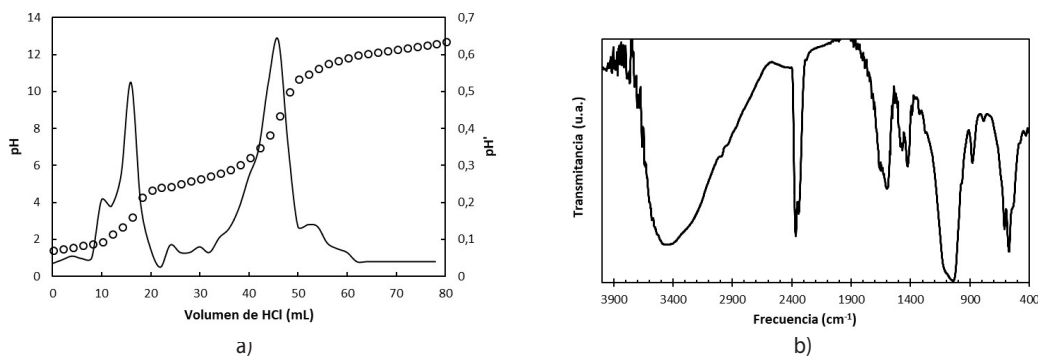


Figura 1. Resultados de (a) titulación potenciométrica del quitosano y su primera derivada y (b) análisis FTIR.

Fuente: los autores

Conclusiones

En este trabajo se validó una ruta sencilla para la obtención de quitosano a partir de escamas residuales de la industria pesquera en Barrancabermeja, con un rendimiento aproximado del 17 %. El producto extraído goza de las características químicas como contenido de cenizas, material insoluble, solubilidad y humedad, similares a las del quitosano comercial y otros provenientes de crustáceos reportados en la literatura. Así mismo, la composición química en términos de grupos químicos detectados por FTIR presentó completa similitud a diferentes muestras de quitosano reportados en la literatura. La pureza del quitosano extraído frente a su derivado la quitina se demostró mediante titulación potenciométrica y análisis infrarrojo, dando como resultado un grado de desacetilación aproximado del 64 %. Este valor de grupos amino y su inocuidad en términos de presencia de microorganismos como *E. coli*, *Salmonella sp*, Coliformes fecales, mohos y levaduras inferior a 5 UFC/ml, convierten al quitosano extraído a partir de escamas de tilapia roja en un producto que encaja en las especificaciones técnicas requeridas en el mercado para su comercialización a nivel industrial o farmacéutico.



Agradecimientos

Los autores agradecen al Bacteriólogo Ricci Terraza Martínez por el desarrollo de los análisis microbiológicos. Las pruebas FTIR se realizaron en el laboratorio de Biotecnología Agroindustrial del Instituto Universitario de la Paz.

Referencias

- Brugnerotto, J., Lizardi, J., Goycoolea, F. M., Argüelles-Monal, W., Desbrieres, J., y Rinaudo, M. (2001). An infrared investigation in relation with chitin and chitosan Characterization. *Polymer*, 42(8), 3569-3580. doi: [https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(00\)00713-8](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(00)00713-8)
- Escobar, D., Castro, A. y Vergara, N. (2015). Determinación de la relación entre el porcentaje del grupo amino y el grado de desacetilación del quitosano. *Revista de ciencias*, 18(1), 73-88. doi: <https://doi.org/10.25100/rc.v18i1.471>
- Hernández, H., Águila, E., Flores, A., Viveros, E. L., y Ramos, E. (2009). Obtención y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón. *Superficies y Vacío* 22(3), 57-60.
- Ming-Tsung Y., Joan-Hwa, Y. y Jeng-Leun, M. (2009). Physicochemical characterization of chitin and chitosan from crab shells. *Carbohydrate Polymers*, 75(1), 15-21. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.06.006>
- Nakamatsu, J. (2012). La molécula destacada: La quitosana. *Revista de química*, 26(1-2), 10-12.
- Romo, K., Pérez, L., Ramírez, R. y Díaz, A. (2016). Extracción de quitosanos a partir de diferentes partes del exoesqueleto de langosta de río (*Cherax quadricarinatus*). *Investigación y desarrollo en ciencia y tecnología de alimentos*, 1(2), 667- 673.

Bioplásticos de colágeno parcialmente hidrolizado obtenido de las escamas del bocachico (*Prochilodum magdalenae*), reforzados con cáscarilla de arroz

Bioplásticos of partially hydrolyzed collagen obtained from the scales of the bocachico (*Prochilodum magdalenae*), reinforced with rice husk

Modalidad: Póster

Soraya Isabel Alzáte-Pérez¹
Juan Pablo Quintanilla Caballero²
Carlos Rolando Paredes Niño³
Edwing Velasco⁴

¹Instituto Universitario de la Paz, Grupo de Investigación PROCA, Km 12 vía Bucaramanga, Barrancabermeja, Colombia. soraya.alzate@unipaz.edu.co

²Institución Educativa Técnica John F. Kennedy, Grupo de investigación CONCIENCIA, Carrera 28 A No. 44 -70, Barrancabermeja. Colombia. pichisjr@outlook.es

³Institución Educativa Técnica John F. Kennedy, Grupo de investigación CONCIENCIA, Carrera 28 A No. 44 -70, Barrancabermeja. Colombia. krлитosparedes@gmail.com

⁴Instituto Universitario de la Paz, Grupo de Investigación GREIP, Km 12 vía Bucaramanga, Barrancabermeja, Colombia. edwin.velasco@unipaz.edu.co

Resumen

En este estudio se muestran los resultados de resistencia a la tensión y deformación a la máxima tensión de bioplásticos elaborados con colágeno parcialmente hidrolizado obtenido de las escamas del bocachico (*Prochilodum magdalenae*), reforzados con cascarilla de arroz al 3 %, 5 %, y 10 %. Se obtuvo el colágeno, se elaboraron los bioplásticos, y se les caracterizó la resistencia y deformación. Los resultados de las pruebas arrojaron que el bioplástico con cascarilla de arroz al 3 % presenta una mayor elasticidad pero menor resistencia, el del 5 % exterioriza un término medio de resistencia y elasticidad y el del 10 % demuestra menor elasticidad pero mayor resistencia. Concluyendo que los bioplásticos al 3 % y al 10 % son los que presentan mejores propiedades mecánicas.

Palabras claves: biopolímero, colágeno, hidrólisis, *Prochilodum magdalenae*.

Introducción

En la actualidad, la pesca artesanal sigue siendo una de las actividades más practicadas por los habitantes ribereños de afluentes hídricos. El inadecuado manejo de residuos sólidos conlleva a la producción de miles de toneladas de desechos como las escamas. Estas son arrojadas de nuevo a los cuerpos de agua o lanzadas al suelo sin ningún tratamiento previo, pues llevan materia orgánica que al descomponerse ocasiona olores desagradables contaminando el ambiente. De las escamas se puede obtener colágeno. De acuerdo con Velarde-Rodríguez, Beltrán-Acosta, Pichardovelarde, y Amezcua-Vega (2015) el colágeno es una proteína constituyente de los tejidos conjuntivos, como la piel, los tendones, huesos, escamas, vísceras, siendo así la proteína más abundante de los organismos heterótrofos; la principal función del colágeno es mantener la estructura de los tejidos animales y mejorar la fuerza, resistencia, flexibilidad y estabilidad de estos. Por otra parte, según la descripción de Bonilla, y Cerón (2012), actualmente el tamo o cascarilla de arroz es desechado a los ríos, o quemado, causando impacto ambiental; pero según Sáenz (2009) si la pueden degradar microorganismos lignocelulolíticos presentes



en el suelo. Otro punto a tratar según Serrano (2011) Con la búsqueda de nuevas fuentes de materiales poliméricos se ha realizado diferentes estudios para evaluar las propiedades funcionales del colágeno de pescado, analizando la piel y las escamas. Además según Hernández y Guzmán (2009), describe que en ese sentido, se han realizado numerosos estudios para valorar algunos materiales alternativos, surgiendo el concepto de plástico biodegradable, asociado al uso de materias primas renovables que ofrecen un buen control en el medio ambiente después de diversos usos, y que se degradan más rápidamente en el vertedero, atenuando así los problemas de contaminación. Según Serrano (2011) Con la búsqueda de nuevas fuentes de colágeno se han realizado diferentes estudios para evaluar las propiedades funcionales del colágeno de origen de pescado. Es así, que resulta oportuno resaltar con la presente investigación la resistencia y elasticidad del plástico biodegradable elaborado con colágeno extraído de las escamas de bocachico, reforzado con cascarilla de arroz al 3 %, 5 % y 10 %.

Materiales y Métodos

Obtención del colágeno hidrolizado

Se recolectaron las escamas en el muelle de Barrancabermeja (Santander). Se Lavaron con abundante agua para quitar restos de tejido como epitelial, muscular y adiposo, sanguíneo, luego se blanquearon NaOH (Merck, pureza de 99 %) al 6 % en peso y desinfectaron con NaClO (Merck, pureza de 99 %) al 6 % en peso. Se secaron a temperatura ambiente; se molieron y empacaron herméticamente. Posteriormente se pesaron 500 gr de las escamas tratadas se le agrego 2000 ml de agua y se colocaron en la plancha de calentamiento a una temperatura constante de 70°C por espacio de dos horas. Subsiguientemente se bajan, se dejan enfriar y se filtran dando un volumen del colágeno parcialmente hidrolizado de 350 ml. Se coloca en recipiente de plástico y se lleva a una temperatura de - 5 °C por espacio de 1:30 H. quedando un coloide gel compacto.

Elaboración de los bioplásticos

Del coloide gel obtenido (colágeno parcialmente hidrolizado), se toman 100 gr, se colocan en un vaso de precipitado marca pirex de 500 mls y se colocan a fundir en plancha de calentamiento a una temperatura constante de 80 °C por espacio de 30 min agitando constantemente; luego se le agrega 6 % de glicerina marca Merck Millipore de 85 % de pureza y se prepara una solución al 5 % de ácido acético marca Merck Millipore de 96 % de pureza. Se sigue agitando constantemente, y la cascarilla de arroz; se sigue removiendo y se deja evaporar hasta que su volumen disminuya en un 70 %. Se baja de la plancha de calentamiento y se esparcen en moldes. Se dejan secar por espacio de 3 días a temperatura ambiente y luego se desmolda. Los bioplásticos se realizan por separado con el mismo procedimiento solo varia el % de cascarilla de arroz que se le incorpore a cada uno.

Caracterización

Se realizó la prueba de resistencia a la tensión y deformación a la máxima tensión con el texturometro para el bioplástico sin cascarilla de arroz como patrón o testigo y con cascarilla de arroz al 3 %, 5 % y 10 %.

Resultados y discusiones

En este estudio, se trabajaron biopolímeros elaborados con colágeno parcialmente hidrolizado, obtenido de las escamas del (*prochilodus magdalenae*). Pues las escamas representan aproximadamente el 5 % del peso vivo del pescado, las cuales son ricas en proteínas como el colágeno, siendo esta su principal componente que puede estar entre del 41 al 84 %. En la tabla 1 se muestran los resultados de la resistencia a la tensión y deformación o elasticidad que alcanzaron los bioplásticos con los diferentes % de cascarilla y se comparó con el patrón o testigo donde se puede apreciar que el bioplástico al 3 % con cascarilla presenta menor resistencia pero mayor elasticidad con referencia al testigo y a los demás; el bioplástico con el 5 % de cascarilla con referencia al testigo es menos resistente y menos elástico. Y el bioplástico con 10 % de cascarilla ofrece una mayor resistencia frente al testigo y a los demás pero menor elasticidad. En la figura 1, se pueden apreciar mejor estos resultados.

Tabla. 1. Resultados de la resistencia a la tensión y deformación de los 3 bioplásticos, incluyendo el patrón o testigo

Porcentaje de cascarilla	Resistencia a la tensión (g)	Deformación o elasticidad en mm
0	849,6	83.574
3	349	104.095
5	406,1	50.522
10	915	37.484

Fuente: Los autores

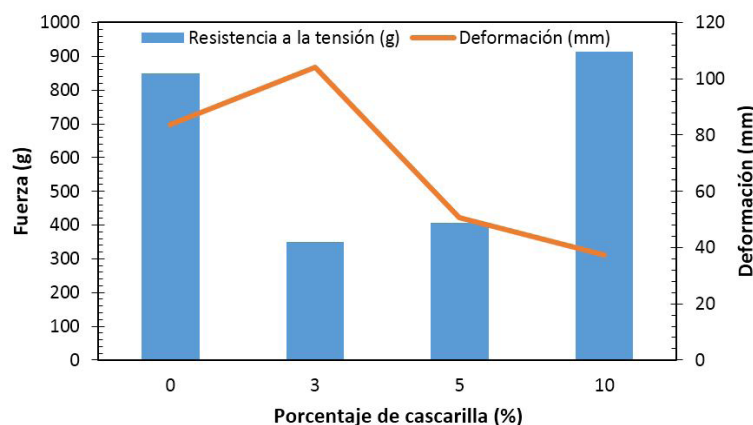


Figura 1. Grafica de la fuerza y elasticidad de los bioplásticos elaborados.

Fuente: Los autores

Conclusiones

En este estudio se puede apreciar que se le pueden dar un buen uso a las escamas del *Prochilodum magdalenae* a nivel industrial con los plásticos obtenidos a diferentes porcentajes de cascarilla de arroz ya que se pueden utilizar en una versatilidad de productos; pues cada uno presenta propiedades mecánicas diferentes sobre todo el del 3% y 10% de cascarilla de arroz.



Agradecimientos

Los autores agradecen al MSc. Jorge Eliecer Franco director de escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia; a los especialistas Maribel Barón Lastra, Carmen Salcedo Villamizar y José Francisco Saavedra Arrieta de la Institución Educativa Técnica John F. Kennedy, por su apoyo y colaboración durante la ejecución del proyecto.

Referencias

- Velarde-Rodríguez, M. G., Beltrán-Acosta, A. C., Pichardovelarde, J. G., y Amezcua-Vega, C. (2015). Extracción de colágeno a partir de pieles de tilapia. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 2(4), 631-639.
- Hernández Silva, M., y Guzmán Martínez, B. (2009). Biopolímeros empleados en la fabricación de envases para alimentos. *Publicaciones e Investigación*, 3(1), 103-129. doi:<https://doi.org/10.22490/25394088.572>
- Bonilla Freire, J., y Cerón Silva, S. A. (2012). *Uso eficiente de la cascarilla del arroz mediante la implantación de un sistema de comercialización orientado al sector público y privado en el cantón de babahoyo*. (Tesis de maestría). Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador, 114pp. (12).
- Serrano Gaona, J. C. (2011). *Estandarización de un proceso de extracción de colágeno a partir de los residuos de fileteo de tilapia (Oreochromis sp) y cachama (Piaractus brachypomus)*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 85 pp.
- Sáenz Rodríguez, M. N. (2009). *Evaluación del papel de los microorganismos lignocelulolíticos sobre los residuos vegetales en suelos rizosféricos de papa criolla solanum phureja en municipios de Cundinamarca*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 81pp. (32)

Residuos de poda de arándano: una potencial fuente de celulosa

Cranberry pruning waste: a potential source of cellulose

Modalidad: Comunicación oral

Claudia M. Pacheco P.¹
Cecilia Bustos²
Guillermo Reyes³
Maria Graciela Aguayo⁴
Orlando J. Rojas⁵

¹Universidad del Bío-Bío, Departamento Ingeniería en Maderas, Avenida Collao 1202, Concepción, Chile. claudia.pacheco1601@alumnos.ubiobio.cl

²Universidad del Bío-Bío, Centro de Biomateriales y Nanotecnología (CBN). Departamento Ingeniería en Maderas, Avenida Collao 1202, Concepción, Chile.

³Universidad del Bío-Bío, Centro de Biomateriales y Nanotecnología (CBN). Departamento Ingeniería en Maderas, Avenida Collao 1202, Concepción, Chile.

⁴Universidad del Bío-Bío, Centro de Biomateriales y Nanotecnología (CBN). Departamento Ingeniería en Maderas, Avenida Collao 1202, Concepción, Chile.

⁵Aalto University, Department of Bioproducts and Biosystems, Vuorimiehentie 1, 02150 Otaniemi, Espoo, Finland.

Resumen

Chile es el segundo productor mundial de arándanos del mundo. La poda de los arbustos genera una gran cantidad de biomasa lignocelulósica. Como alternativa a las actuales prácticas de incineración y sus efectos en la contaminación del aire, este estudio propone una alternativa para el uso de estos residuos. Se investigó la composición química (celulosa, hemicelulosa, lignina, extractos y cenizas) de los residuos de poda de ramas y troncos de arándanos. El contenido de celulosa para ramas y troncos fue ~ 52 % y 51 %, respectivamente. Sin embargo, la difracción de rayos X indicó importantes diferencias en su cristalinidad (52 % y 84 %, respectivamente). La celulosa obtenida de las ramas mostró ser menos estable térmicamente con respecto a la de los troncos.

Palabras claves: arbustos de arándano; celulosa; compuestos químicos; cristalinidad; residuos de poda.

Introducción

Los arándanos (*Vaccinium corymbosum*) son frutos de forma redonda, color oscuro típico y crecen a partir de arbustos medianos de hojas caducas, su consumo regular está asociado a beneficios para la salud. Chile se ha convertido en uno de los principales productores y exportadores de arándanos. Actualmente es el segundo productor mundial de arándano después de Estados Unidos (García, García, y Ciordia, 2013). La ubicación de Chile en el hemisferio sur permite enviar durante el invierno arándanos frescos de alta calidad a los países del hemisferio norte. Para lograr un equilibrio justo entre el crecimiento anual de los brotes y la producción de frutos de calidad, es necesaria la realización de un adecuado sistema de poda (UCONN, 2016). Por consiguiente, se generan entre 3000 y 7500 kg ha⁻¹ (peso seco) como residuos de poda por hectárea plantada para la producción de arándanos (Pinochet, Artacho, y Maraboli, 2014). En las regiones de Maule y Bío-Bío se plantan alrededor de 10,000 hectáreas, que corresponden al 56% de la producción total chilena (ODEPA, 2016). Generando un residuo lignocelulósico desaprovechado, que en la gran mayoría de casos es quemado, aumentando las emisiones de CO₂ en estas regiones. Si bien, esta es la práctica más fácil y menos costosa en actividades agrícolas relacionadas, el impacto en la calidad del aire no puede ignorarse (CEC, 2014). Además, la incineración de los residuos agrícolas causa una grave contaminación en la tierra y el agua (Kumar, Kurmar, y Joshi, 2015). El objetivo de este estudio fue caracterizar física, química y térmicamente residuos de poda del arándano para evaluar su potencial como fuente de celulosa. Proponiendo



una alternativa ecológica a la incineración de estos residuos agroindustriales, aprovechando el alto contenido de celulosa y las perspectivas de uso de este biopolímero (Malucelli, Lacerda, Dziedzic, y da Silva, 2017) que es abundante y se renueva anualmente.

Materiales y Métodos

Composición química

Los residuos de poda de arándanos se clasificaron en ramas y troncos, para realizar procesos independientes de su composición química. Los residuos se cortaron en trozos pequeños, se lavaron y secaron en horno a 30 °C. Ambas muestras se molieron y tamizaron con malla de 40-60. Para determinar la cantidad de extractivos, la muestra molida se extrajo en Soxhlet con acetona al 90 % durante 16 h de acuerdo con TAPPI T280 pm-99 (2015). El contenido de lignina fue determinado por TAPPI T222 om-11 (2015); la Holocelulosa y alfa-celulosa por TAPPI T9 wd-75 (2015); el contenido de cenizas por TAPPI T211 wd-06 (2015). Todos los experimentos fueron realizados por triplicado. El ANOVA y la determinación de las diferencias significativas se basaron en la diferencia mínima significativa de Fisher (LSD), se calcularon con el programa estadístico STATGRAPHICS centurion XV.II (Statpoint Technologies, Inc.).

Morfología de la fibra

Se revisó la estructura morfológica de la alfa-celulosa utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM, JEOL JSM6610LV). Las muestras de alfa-celulosa se agitaron en agua desionizada, luego, una gota de la solución se colocó en un portamuestras y se secó en un horno a 40 °C durante 30 min. Las muestras se recubrieron con oro (Au), depositado mediante la técnica de pulverización a través del uso de una unidad Denton Vacuum Desk V-Sputter/etch.

Espectroscopía infrarroja de transformada de Fourier (FTIR), Análisis de difracción de rayos X (XRD) y Análisis termogravimétrico (TGA).

Los espectros se recogieron usando un espectrómetro Nicolet 380 FT-IR (Thermo Fisher Scientific) en el modo de transmitancia. Las muestras se analizaron en una región espectral entre 4000 y 400 cm^{-1} con una resolución de 2 cm^{-1} . Se determinó la cristalinidad de las muestras usando WAXS en el difractómetro de rayos X Rigaku Smartlab®. La desconvolución de los patrones de XRD se realizó utilizando el software PeakFit. Se ajustaron las funciones gaussianas, luego se utilizó el software de análisis gráfico y de datos Origin®, OriginLab para los procedimientos de trazado y cálculo. Se calcularon el tamaño del cristalito (τ) y el Índice de Cristalinidad (CI). Se realizó el TGA en Q50 (TA Instruments, EE. UU.) a atmósfera de nitrógeno, con un flujo de gas de 50 ml min^{-1} de 25 °C a 600 °C y una velocidad de calentamiento de 10 °C min^{-1} . La tasa de pérdida de peso se obtuvo a partir de datos termogravimétricos derivados. Se utilizaron aproximadamente 4,0 mg de muestra de alfa-celulosa de ramas y troncos en polvo.

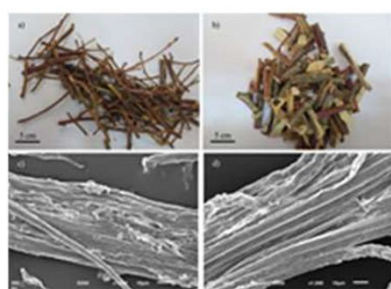
Resultados y discusiones

El contenido de alfa-celulosa en ambos tipos de muestras fue aproximadamente del 51 %. Estos valores son significativamente más altos en comparación con otros residuos de la agroindustria, por ejemplo, 42 % para la piel de ajo (Reddy y Rhim, 2014), 24 % para la cascarilla de café (Sung, Chang, y Han, 2017), 35 % para la cascarilla de arroz (Johar, Ahmad, y Dufresne, 2012). Resultados similares en contenido de celulosa a los obtenidos en el presente estudio fueron reportados para tallos de algodón 49 % (Shaban, Hussein, y Sawan, 2010), (Tabla 1).

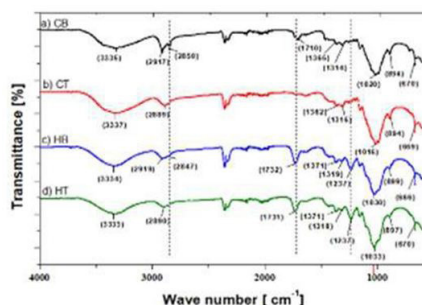
Tabla 1. Caracterización química de los residuos de poda de arándano analizados.

Componentes (%)	Residuos de Poda de Arándanos		p-valor
	Ramas	Troncos	
Extractivos	6,9 ^b ± 0,3	3,1 ^a ± 0,4	0,0002
Holocelulosa	63,8 ^a ± 0,5	72,8 ^b ± 1,1	0,0002
Alfa - celulosa	51,9 ^a ± 0,4	51,4 ^a ± 0,7	0,3097
Hemicelulosa*	11,9 ^a ± 0,4	21,4 ^b ± 0,7	<0,0001
Lignina insoluble	26,6 ^b ± 0,1	22,1 ^a ± 0,1	<0,0001
Lignina Soluble	2,8 ^a ± 0,1	3,5 ^b ± 0,2	0,0061
Cenizas	1,8 ^b ± 0,1	0,9 ^a ± 0,1	<0,0001

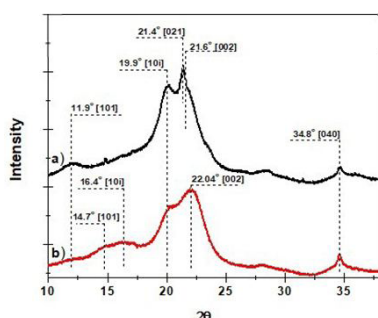
Fuente: Los autores



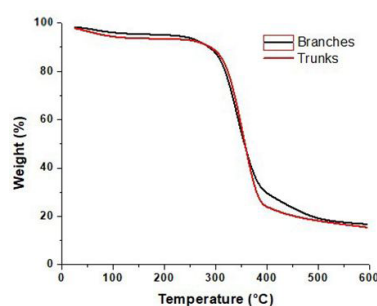
A.)



B.)



C.)



D.)

Figura 1. Residuos de poda de arándano. a) micrografías SEM de α -celulosa; b) FTIR α -celulosa y holocelulosa; c) Patrón de difracción XRD de α -celulosa; d) Análisis térmico de pérdida de peso vs. temperatura de α -celulosa.

Fuente: Los autores.



Las propiedades mecánicas y térmicas mejoran con el aumento de la cristalinidad de la celulosa (Tan, Abd Hamid, y Lai, 2015). La mayor cristalinidad de las fibras de celulosa aumenta su rigidez y por lo tanto, su resistencia (Kallel *et al.*, 2016). La celulosa proveniente de residuos de poda de troncos presenta mayor cristalinidad (84 %) a la celulosa de las ramas (52 %). Por lo tanto, la celulosa de los troncos podría poseer un mayor rendimiento mecánico y capacidad de refuerzo. La temperatura máxima de degradación fue de 341 °C y 354 °C para ramas y troncos, respectivamente (Figura1).

Conclusiones

Los residuos de poda del arándano poseen un alto contenido de celulosa tanto en ramas como en troncos. La alfa-celulosa de troncos mostró un índice de cristalinidad más alto y de mejores propiedades térmicas que la proveniente de las ramas. Por tanto, la producción de celulosa a partir de estos residuos es una alternativa que puede aliviar la contaminación del aire que actualmente se genera al quemar la biomasa lignocelulósica. Se espera que el aislamiento de nanocelulosa se vea facilitado por la accesibilidad de este tipo de residuos, abriendo una oportunidad para su uso como material de refuerzo y la generación de nuevos materiales nanocompuestos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro de Investigación de Polímeros Avanzados (CIPA) - Chile por el análisis TGA. Reconocemos la provisión de instalaciones y asistencia técnica por parte de la Universidad Aalto en OtaNano - Centro de Nanomicroscopía (Aalto-NMC), Finlandia.

Referencias

- CEC. (2014). *Burning Agricultural Waste: A Source of Dioxins*. Montreal, Canada: Commission for Environmental Cooperation.
- Garcia, J. C., Garcia, G., y Ciordia, M. (2013). Situación actual del cultivo del arándano en el mundo. *Tecnología Agroalimentaria*, (12), 5–8. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4454466&orden=419260&info=link>
- Johar, N., Ahmad, I., y Dufresne, A. (2012). Extraction, preparation and characterization of cellulose fibres and nanocrystals from rice husk. *Industrial Crops and Products*, 37, 93–99. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.12.016>
- Kallel, F., Bettaieb, F., Khiari, R., García, A., Bras, J., y Chaabouni, S. E. (2016). Isolation and structural characterization of cellulose nanocrystals extracted from garlic straw residues. *Industrial Crops and Products*, 87, 287–296. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.060>
- Kumar, P., Kurmar, S., y Joshi, L. (2015). *Socioeconomic and environmental implications of agricultural residue burning. A case study of Punjab, India*. (Springer Open, Ed.). New Delhi.
- Malucelli, L. C., Lacerda, L. G., Dziedzic, M., y da Silva Carvalho Filho, M. A. (2017). Preparation, properties and future perspectives of nanocrystals from agro-industrial residues: a review of recent research. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 16(1), 131–145. 4

- ODEPA. (2016). Evolución de la superficie frutícola por región. Santiago, Chile. Recuperado de <http://www.odepa.cl/estadisticas/productivas/>
- Pinochet Tejos, D., Artacho Vargas, P., y Maraboli Sandoval, A. (2014). *Manual de Fertilización de Arándanos Cultivados en el Sur de Chile*. Valdivia (Chile). Universidad Austral de Chile. Proyecto FIA-UACH PYT 2009-0080.
- Reddy, J. P., y Rhim, J. (2014). Isolation and characterization of cellulose nanocrystals from garlic skin. *Materials Letters*, 129, 20–23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2014.05.019>
- Shaban, D., Hussein, A., y Sawan, O. M. (2010). The utilization of agricultural waste as one of the environmental issues in Egypt (a case study). *Journal of Applied Sciences Research*, 6(8), 1116–1124.
- Sung, S. H., Chang, Y., y Han, J. (2017). Development of polylactic acid nanocomposite films reinforced with cellulose nanocrystals derived from coffee silverskin. *Carbohydrate Polymers*, 169, 495–503. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.04.037>
- Tan, X. Y., Abd Hamid, S. B., y Lai, C. W. (2015). Preparation of high crystallinity cellulose nanocrystals (CNCs) by ionic liquid solvolysis. *Biomass and Bioenergy*, 81, 584–591. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.08.016>
- UConn. (2016). Blueberry: Pruning Techniques. Revisado el 9 de agosto de 2017, Recuperado de http://www.ladybug.uconn.edu/FactSheets/blueberry--pruning-techniques_7_3017522707



Evaluación de resultados de la degradación de un bioplástico sometido a procesos de compostaje según norma ASTM D-6400 y D-5988

Evaluation of the results of the degradation of a bioplastic subjected to composting processes according to ASTM D-6400 and D-5988

Modalidad: Comunicación oral

Pedro Rodríguez Sandoval¹
Andrés Felipe Medina Sánchez²
Oscar Eduardo Ariza León³

¹ Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Grupo de investigación Gimes, Centro de Materiales y Ensayos, Bogotá, Colombia. prodiguez@misena.edu.co.

² Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Grupo de investigación Gimes, Centro de Materiales y Ensayos, Bogotá, Colombia. afmedina186@misena.edu.co.

³ Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Grupo de investigación Gimes, Centro de Materiales y Ensayos, Bogotá, Colombia. oeariza48@misena.edu.co.

Resumen

La contaminación ambiental causada por el creciente uso de materiales termoplásticos derivados de hidrocarburos, utilizados en la fabricación de envases, empaques y variedades artículos que terminan produciendo grandes cantidades de desechos que no se degradan fácilmente, generando problemas sanitarios en los vertederos municipales donde se requiere más capacidad y espacio. En este trabajo de investigación de un material bioplástico compuesto por polietileno de baja densidad y almidón de papa que posee propiedades mecánicas útiles para producir distintos artículos de uso cotidiano se estudiara su velocidad de biodegradabilidad en condiciones similares a un relleno sanitario que debido a la presencia de microorganismos puede lograr que en un tiempo estimado menor a 6 meses se degraden por completo o usarse en compostaje para generar abonos para la siembra de plantas.

Introducción

El material bioplástico objeto de trabajo de investigación ha demostrado tener buenas propiedades mecánicas y capacidad para absorber calor, llegando a resistir altas temperaturas de manera que este material podría utilizarse para fabricación de empaque, envases y embalajes, actualmente se analiza la biodegradabilidad del material mediante la normas ASTM D-6400 y D-5988 para plásticos compostables simulando un ambiente parecido al de un relleno sanitario como lugar en el que terminan comúnmente los plásticos después de su vida útil (Quiñones, 2009).

Lo que se busca es el desarrollo de un material biodegradable con el fin de brindar una alternativa óptima a las industrias productoras de materiales plásticos. (Cruz-Morfin, Martínez-Tenorio y López-Malo, 2013). El proyecto se enfoca en estudiar la velocidad de degradación del bioplástico con contenido de almidón de papa y polietileno de baja densidad, de manera que en un tiempo de 6 meses o menos este material se degrade por completo, para llegar a ello se tiene que determinar biodegradabilidad proceso el cual ha arrojado buenos resultados. Por medio de la pérdida de propiedades mecánicas como la dureza y tensión de este material se verifica que si se está degradado por microorganismos presentes en el suelo, determinando de un grado preciso en las propiedades mecánicas además de las condiciones que intervienen en la degradación del bioplástico en un ambiente similar a un vertedero de basuras municipal.

Materiales y Métodos

El material sometido a compostaje y utilizado para análisis fueron probetas tipo corbatín del bioplástico al 15 % de almidón de papa y 75 % polietileno de baja densidad (PEBD) (Sandoval, Prieto, y Pachón, 2015). Que de acuerdo a la norma ASTM D-6400 se coloca en un suelo preparado con tierra y compost orgánico maduro durante una probeta durante 3 meses. Adicionalmente se emplearon probetas del mismo material y con 0 % almidón a los cuales no fueron colocados bajo tierra. Dentro del proceso experimental se eligen una probeta con 0 % almidón, una al 15 % (no fueron sometidas a compostaje) y la probeta que se encontraba bajo tierra con el fin de comparar las propiedades del material se caracterizan las propiedades mecánicas, realizando ensayos de dureza tipo shore A y D, ensayos de tensión, también utilizando técnicas de (SEM) (Figura 1) y microscopia óptica para determinar la morfología y analizar la estructura interna del material y se determina si el material bajo compostaje pierde propiedades.



Figura 1. Ensayos mecánicos (tensión), dureza tipo shore A, microscopia óptica y microscopia electrónica de barrido SEM.
Fuente: Los autores

Finalmente de acuerdo con el método indicado en la norma ASTM D-6988 en la cual al material en compostaje se determina el dióxido de carbono que se genera al ser degradada y el porcentaje de biodegradabilidad del material. Estos resultados se comparan de manera que se evalúan el progreso de la degradabilidad y factores que pueden favorecer a que ocurra en la menor cantidad de tiempo.

Resultados y discusiones

Las probetas que se encontraban bajo tierra se extrajeron para realizar los ensayos de tensión, dureza, microscopia electrónica de barrido (SEM) y microscopia óptica. Los resultados arrojados durante los primeros 3 meses, tiempo actual que llevan las pruebas de degradabilidad presentan una reducción de propiedades mecánicas la cual disminuye a medida que se mantenía más tiempo la probeta en el suelo. Esto da a conocer que efectivamente el material se degrada, con la disminución de propiedades como se observa en la figura 2; el proceso degradativo va por buen camino estimando que en 6 meses sea degradado por completo.

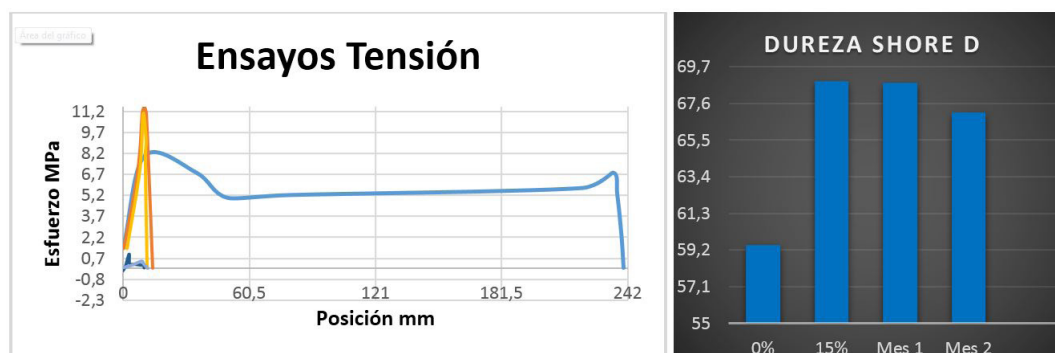


Figura 2. Resultados de ensayos mecánicos (tensión), dureza tipo shore A y D
Fuente: Los autores

La biodegradación es un proceso que generalmente se presenta en la disposición final de los empaques como residuo hasta su compostaje y retorno dentro del ciclo natural del carbono, en este sentido, y por definición, los empaques biodegradables son aquellos que pueden degradarse a dióxido de carbono, agua y biomasa como resultado de la acción de vida de los microorganismos o enzimas. (De Campos, Marconato y Martins, 2011). Que de acuerdo con el método estipulado por la norma ASTM D-6400 Y ASTM D-5988 “El seguimiento de las condiciones ambientales como la humedad, temperatura y pH del suelo se mantuvieron”. (Palechor Tróchez, 2017). Y al extraer las probetas y someterlas a ensayos para determinar la cantidad de dióxido de carbono que se genera al producirse la hidrólisis, de manera que los microorganismos en el suelo se alimentan de este compuesto, a partir de estos valores se puede determinar el porcentaje de degradabilidad los cuales aumentan dependiendo del tiempo que el material esté expuesto a microorganismos, de manera que progresivamente se está degradando como se observa en la figuras 3, deformaciones en la estructura interna del material debido a que poco a poco pierde material al ser expuesto a enzimas de microorganismos y se aumenta cada mes el porcentaje de biodegradabilidad, aunque aún es bajo se espera que en los próximos meses aumente más. Ver figura 4.

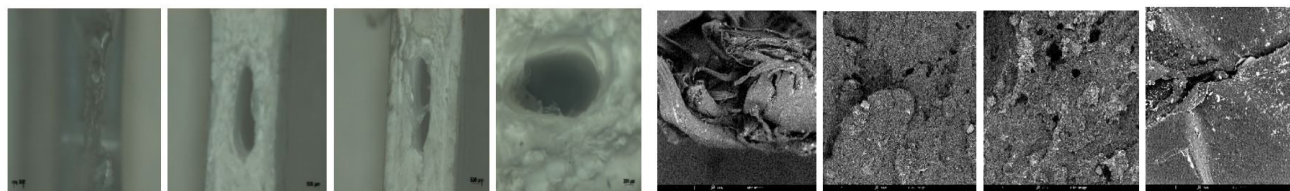


Figura 3. Tratamientos de microscopia electrónica de barrido (SEM) y microscopia óptica.
Fuente: Los autores

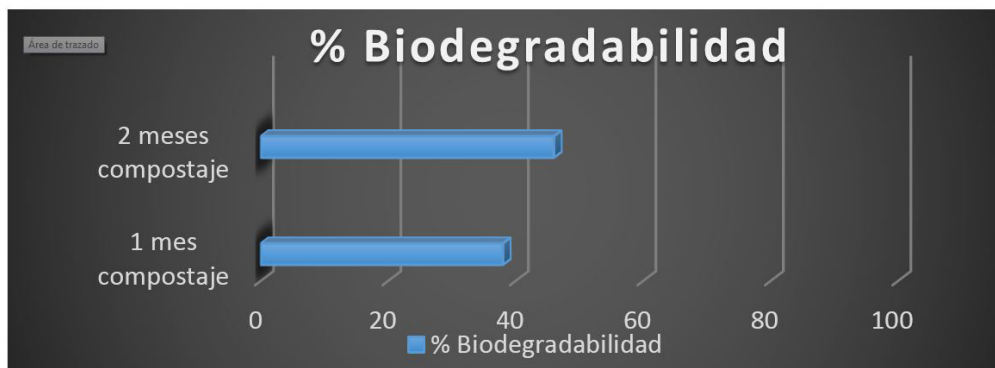


Figura 4. Porcentaje de biodegradabilidad del material aumenta en relación al tiempo de compostaje
Fuente: Los autores

Conclusiones

Se obtuvieron resultados favorables dentro del proceso de degradación con reducción de propiedades mecánicas de tensión y dureza del material expuesto a microorganismos en el suelo.

Los ensayos de la norma ASTM D-5988 indican que hay un aumento de producción de dióxido de carbono por lo tanto el material inició un proceso de degradación.

El aumento CO_2 indica que el material bajo las condiciones a las cuales está sometido lo está degradando poco a poco, en ambientes de este tipo la degradación del material es satisfactoria.

Agradecimientos

SENA Centro de Materiales y Ensayos, Grupo de semilleros de Investigación: GIMES Centro de Materiales y Ensayos SENA.

Referencias

- Cruz-Morfin, R., Martínez-Tenorio, Y., y López-Malo, A. (2013). Biopolímeros y su integración con polímeros convencionales como alternativa de empaque de alimentos. *Temas de Selección de Ingeniería de Alimentos*, 7(2), 42-52.
- De Campos, A., Marconato, J. C., y Martins-Franchetti, S. M. (2011). Biodegradation of blend films PVA/PVC, PVA/PCL in soil and soil with landfill leachate. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 54(6), 1367-1378. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-89132011000600024>
- Palechor Tróchez, J. J. (2017). *Biodegradación aerobia bajo condiciones controladas de compostaje de una película flexible y una bandeja semirrígida obtenidas a partir de almidón y harina de yuca* (Tesis doctoral), Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira.
- Quiñones, I. J. (2009). Vigilancia tecnológica aplicada para identificar las tendencias tecnológicas en los biopolímeros y plásticos degradables. *Informador técnico*, (73), 53-65.
- Sandoval, P. R., Prieto, E. M., y Pachón, Y. E. G. (2015). Obtención y caracterización de un biodegradable a partir de almidón de papa y polietileno de baja densidad por inyección. *Informador Técnico*, 79(2), 61.