



III Simposio
DE MATERIALES
POLIMÉRICOS



Biopolímeros

Completely compostable
Vegware is made of
plant materials

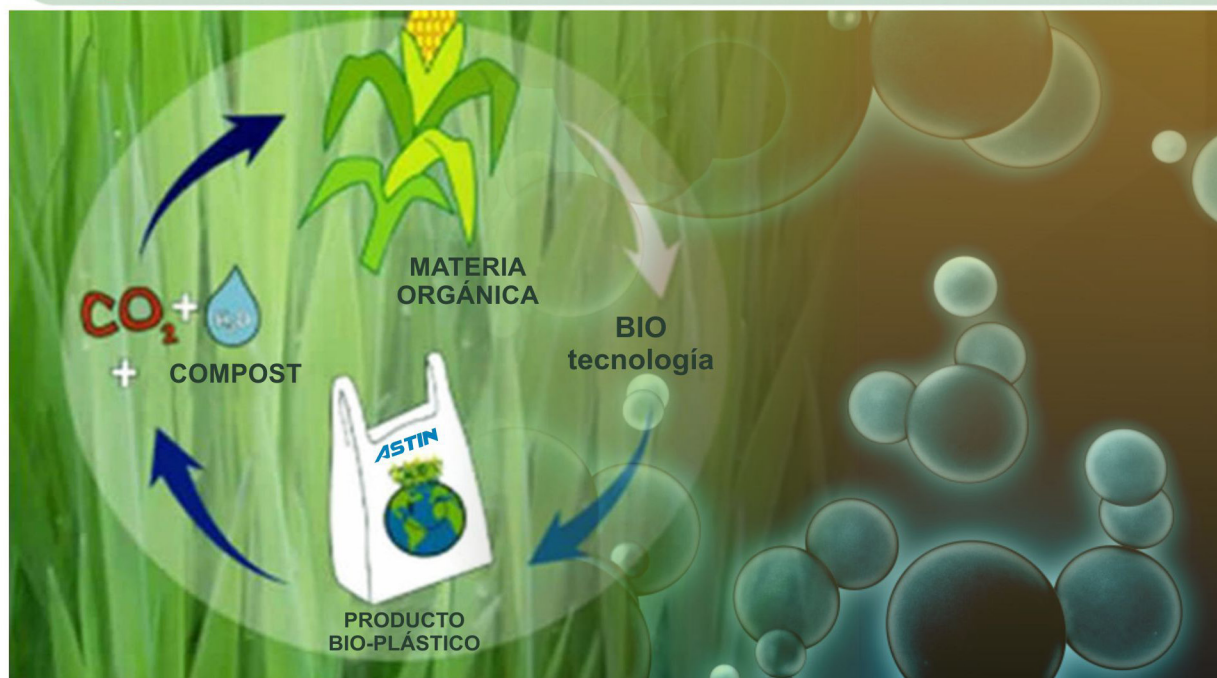


It is designed for
commercial composting
with food waste

Microbes, heat and
moisture break down
the structure



The resulting compost
retains nutrients vital
for healthy soils



Revista Informador Técnico, Volumen 81 n2 - Suplemento I- 2017

III Simposio de Materiales Poliméricos - del 30 de Agosto al 1 de Septiembre de 2017, Cali - Colombia

III SIMPOSIO DE MATERIALES POLIMÉRICOS

Suplemento I • e-ISSN 2256-5035

CONTENIDO

Strategies to improve the properties of bioplastics from sustainable materials.....	114
Vilásia Guimaraes Martins	
Propiedades térmicas de <i>Saccharum Officinarum</i>.....	117
Natalia Afanasjeva, Juan Manuel Pantoja, Edwin Recamán	
Caracterización de biopolímeros a base de residuos sólidos.....	122
Paula Casallas, Daniela Sánchez, Cecilia Rodríguez, July Rincón, Carlos Niño	
Síntesis de ácido poliláctico por policondensación por fusión.....	125
Fernando González S., Jaime Gálvez	
Síntesis de bioplásticos a partir de almidones de yuca y ñame como alternativa a los plásticos comunes.....	129
Cesar Augusto Guevara Lastre, Edwing Alexander Velasco Roza, José Sebastián Rincón Acosta	
Caracterización del almidón extraído del cotiledon de mango para aplicaciones en polímeros.....	132
E. Agudelo Z., J. E. Díaz R., A. Arias-Durán, I. M. Franco Arias	
Desarrollo y aplicación de nano-fibras de celulosa obtenidas a partir de bagazo de caña panelera para la retención de micro-partículas para la descontaminación de agua.....	135
Edwin Yesid Gómez-Pachón, Andrés Mauricio Ramírez-Alba, Efrén de Jesús Muñoz-Prieto, Jorge Arturo Torres Pemberti	
Poli (3 – hidroxibutirato) (P3HB): extracción, purificación y modificación.....	138
Andrés Felipe Ramos, Iván Cabeza, Liliana Olmos, Armando Espinosa, Nubia Moreno-Sarmiento	
Análisis térmico y reométrico del almidón termoplástico a base papa y achira.....	142
Omar Ossa, Carolina Caicedo, Lina Marcela Crespo, Héctor González, Andres Mosquera	
Caracterización de materias primas de la cadena de suministro de plásticos reciclados.....	146
Nadja Marcela Gómez, Carlos Mario Gómez Acosta, Fernando Luna	
Conservación de uchuva (<i>physalis peruviana</i>) mediante la aplicación de un recubrimiento a base de quistosano y <i>Áloe Vera</i>, utilizando el métodos de aspersión.....	149
Jaqueline García, Ana Muñoz, Angie Barbosa, Daniela Bustos, Yenifer Ramirez, Yesenia Vásquez, Kamel Hernández, Kevin Buchelli, Flor Navia, Yenifer Narváez, Marcelo Guancha	
Normativa para materiales compostables según los estándares Internacionales.....	153
Catalina Álvarez Ramírez	
Tendencias ambientales y económicas de los plásticos Bio – basados.....	155
Aura Elvira Narváez Agudelo	
Obtención de bioaceite vía pirólisis de <i>saccharum officinarum</i> y evaluación de contenido de compuestos fenólicos como materia prima para resinas fenol-formaldehído.....	157
Natalia Afanasjeva, Luis Carlos Castillo, José Hipólito Isaza	
Proceso de pirólisis lenta de biopolímeros naturales.....	161
Natalia Afanasjeva, Robinson Esteban Aristizabal, Manuel Salvador Palencia	
Biopolímeros fotoactivos como empaques de alimentos de consumo diario.....	165
Lina Niño, Angélica García, Oscar Medina	

Strategies to improve the properties of Bioplastics from sustainable materials

Vilásia Guimarães Martins

¹ Federal University of Rio Grande, School of Chemistry and Food, Avenida Itália Km 8, 96201-900, Rio Grande, Brazil. vilasiamartins@furg.br

Modalidad: Ponencia Magistral

Resumen:

Conventional packaging based on petroleum have been used in a wide variety of application due to its durability, mechanical and barrier properties, ease processing and low cost. However, in recent years there is an increasing concern due to environmental problems because such packaging takes hundreds of years to decompose. Sustainable packaging from renewable resources has been widely studied for replacement of synthetic polymers. Some drawbacks of biodegradable plastics still limit their commercial application, such as poor mechanical and water barrier properties, which make them difficult to use in food packaging. Different strategies has been used to overcome these limitations, such as blends and multilayer films, adding nanoparticles and active compounds, modifying the structure of the films using plasma and UV techniques, among others.

Palabras claves: *Fish proteins, Food packaging, Phenolic compounds, Starch.*

Introducción

Biodegradable films can be produced from macromolecules capable to form continuous and cohesive matrices, where proteins stand out among several materials due to their high potential to form intermolecular bonds, essential for film formation. The synthesis of new biomaterials with optimized performance and properties is a constantly expanding area in food packaging technology. A significant advance in this area has occurred with the synthesis of polymer blends consisting of natural polymers of different sources, as proteins and starches. Different of modification of protein structure for films development, the plasma treatment is a strategy to be used after the film production. Cold plasma consists of ultraviolet photons, electrons, positive and negative ions, free radicals and excited and non-excited molecules and atoms, which can



break covalent bonds and initiate chemical reactions. These reactions involve surface functionalization, etching, polymer degradation and crosslinking (Song, Oh, Roh, Kim & Min, 2016). Besides the environmental advantages, bio-based films can be used to improve the quality of foods through the incorporation of active components, which may have antioxidant, antimicrobial, anti-browning and other properties. In this way, biopolymer films can be used to carry and/or release components, which is designed active packaging (Wihodo & Moraru, 2013).

The commercial use of biodegradable films developed with proteins is still limited due to the low mechanical and barrier properties. However, processing proteins to modify their secondary structure can have a significant impact on their performance for materials development. Therefore, this work evaluates the properties of the films produced with fish proteins modified (Romani, Machado, Olsen & Martins 2017). The pH-shifting process was used to recover the proteins from fish muscle. The samples of fish protein were prepared in the concentration of 10% (w/v) and the modification was performed through the adjustment of pH to 2 and 10. The proteins were submitted to 80°C and then the films were prepared in the concentration of 5% (w/v) through the casting technique. The films produced with modified proteins were completely soluble in water. For sachets with sugars and salts, higher solubility in water represents a good property when the complete solubilization in the food product is desired. It is worth noting that these soluble materials have the ability to keep the product protected from the environment. The water vapor permeability (WVP) was significantly lower ($p < 0.05$) for the films prepared using modified proteins.³ The partial unfolding of protein resulted in an increased availability of reactive hydrophobic side chain groups of amino acid residues in polypeptides (Jiang, Chen & Xiong, 2009). Foods such as UHT milk, nuts and snacks need to be packaged using barrier materials with WVP lower than 10 g/m² d, thus the films prepared presented promising characteristics for development of materials in this field. Mechanical properties were superior for the film without protein modification. Mechanical properties of films are important in the context of material handling and either control and pH modified films were easily handled. Despite of the decreasing in mechanical properties, the pH modification still produced films with properties enough good for food packaging materials development. The pH modification influenced the color and opacity. In general, high transparency and low ΔE^* difference is a requisite in films for food applications. However, when light passing must be limited in products with high fat content, in this

case darker and opaque films are indicated (Romani, Machado, Olsen & Martins 2017).

In another study we investigated the addition of oregano essential oil (OEO) in blends from rice starch/fish protein to be used as active packaging (Romani, Prentice-Hernández & Martins, 2017). For this purpose, rice starch was extracted from broken grains and fish protein was recovered from Withemouth Croacker (*Micropogonias furnieri*). The influence of different ratios of starch/protein was confirmed by mechanical properties, solubility, water vapor permeability, opacity and color parameters. The results showed that the ratio 50/50 of starch/protein was the most suitable for packaging materials development. It had the lower solubility (8.0%), water vapor permeability (0.18 g mm kPa⁻¹ h⁻¹ m⁻²), and intermediate mechanical properties (Tensile strength 5.69 MPa, Elongation 85.5%). Morphology and thermal tests were related to the properties of the films and confirmed that the matrix was homogeneous and cohesive. The antioxidant tests confirmed the activity of the blends in inhibition of peroxidase suggesting its promising application as anti-browning packaging in fruits and vegetables. Based on the results, this research demonstrated that the use of rice starch and fish protein to form sustainable blends represents an interesting alternative for the production of active packaging and for the development of eco-friendly technologies (Romani, Prentice-Hernández & Martins, 2017). In another study we evaluated the effect of different ratios of rice starch/fish protein (15/85, 50/50, 85/15, w/w) and different concentrations of pink pepper phenolic compounds (4%, 6% and 8%, v/w) in films properties as well in the capacity to inhibit enzymatic browning of fresh-cut apples. The films were characterized according to mechanical properties, water vapor barrier, solubility in water, color and opacity, morphological and thermal properties. The ratio 15/85 of starch/protein showed superior tensile strength (6.50 MPa) and elongation at break (173.3%). It has the greatest potential to be used as packaging for food preservation. This blend showed potential to inhibit the enzyme peroxidase and thus was used as coating in fresh-cut apples. The samples coated with the blend presented lower browning index in comparison to the control sample. The blend clearly showed potential to be used as food packaging, especially to be used as active packaging to inhibit enzymatic browning.

In another study we developed and characterized protein films and blends evaluating their properties and biodegradability. Individual films and blends from wheat gluten, fish protein isolate and zein were prepared by

casting method. The wheat gluten film presented higher elongation (204.1%), the blend gluten/fish showed an increased elongation in comparison to the fish protein film. The tensile strength was statistically equal for this blend and fish protein film (3.2 Mpa) and higher ($p < 0.05$) than gluten and zein films. The films with zein showed a poor elongation, 0.5% and 11% for film and blend zein/gluten, respectively. The hydrophilicity of the fish proteins reached the highest solubility (43.4%) followed by the blend gluten/fish (30.5%) and gluten (22.0%). The film and blend with zein had the highest total color difference ΔE^* because of the yellowish color that comes from the carotenoids. The films with gluten and fish protein and the blend gluten/fish showed 100% degradation in soil over a period of 10 days, at $20 \pm 1^\circ \text{C}$ and relative humidity of $76 \pm 2\%$. The zein film degraded 100% in 40 days and the blend zein/gluten had degradation of 75% in 60 days. Among the individual films, wheat gluten generally presented superior mechanical, barrier and color properties, and between the blends, the gluten/fish presented the better properties.

Referencias

- Song, A. Y., Oh, Y. A., Roh, S. H., Kim, J. H., & Min, S. C. (2016). Cold oxygen plasma treatments for the improvement of the physicochemical and biodegradable properties of polylactic acid films for food packaging. *Journal of food science*, 81(1).
- Wihodo, M., & Moraru, C. I. (2013). Physical and chemical methods used to enhance the structure and mechanical properties of protein films: A review. *Journal of Food Engineering*, 114(3), 292-302.
- Romani, V. P., Machado, A. V., Olsen, B. D., & Martins, V. G. (2017). Effects of pH modification in proteins from fish (Whitemouth croaker) and their application in food packaging films. *Food Hydrocolloids*.
- Jiang, J., Chen, J., & Xiong, Y. L. (2009). Structural and emulsifying properties of soy protein isolate subjected to acid and alkaline pH-shifting processes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(16), 7576-7583.
- Romani, V. P., Prentice-Hernández, C., & Martins, V. G. (2017). Active and sustainable materials from rice starch, fish protein and oregano essential oil for food packaging. *Industrial Crops and Products*, 97, 268-274.



Propiedades térmicas de bagazo de caña (*Saccharum Officinarum*)

Modalidad: Póster

Resumen

Pirólisis es el primer proceso entre los tratamientos térmicos de biomasa y gobierna la formación de gas de síntesis para la producción de electricidad, hidrógeno y combustibles líquidos. La correlación entre las fracciones obtenidas depende de la relación de contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina. En este trabajo se presentan los resultados del proceso de pirólisis lenta a bajas temperaturas (menores de 500°C) con varios tipos de bagazo de caña colombiana. Se reporta el balance de masas de las fracciones obtenidas con el rendimiento de la fracción de bioaceite (~16,1%-19,7% más.), fracción gaseosa (~42,3%-45,8% más.) y fracción de coque o biochar (~38%-38,1% más.). Las propiedades térmicas fueron analizadas por TGA y DSC. Se determinó el poder calorífico y la energía de activación o entalpía normalizada de la pirólisis para de bagazo de caña del departamento de Santander (Rio Suarez y Oiba) y del Cauca.

Palabras clave: *tecnología forestal, Saccharum Officinarum, pirólisis, TGA, DSC, energía de activación.*

Introducción

El bagazo de la caña de azúcar es un residuo que se genera en altas proporciones en la agroindustria, el cual contiene una cantidad apreciable de celulosa. La celulosa es el polímero natural más abundante de la tierra, que gracias a su inherente rigidez, ha emergido como una importante fuente para la obtención de fibras naturales o/y partículas que puedan ser empleadas en el reforzamiento de termoplásticos. La caña de azúcar es una planta que asimila muy bien la radiación solar, teniendo una eficiencia cercana a 2% de conversión de la energía incidente en biomasa. La tabla sobre indicadores agrícolas de cosecha de caña de azúcar de los ingenios de Colombia de Asocaña, indica 121.32 toneladas de producción de caña por hectárea (Asocaña, 2008). En Colombia hay 225.560 hectáreas sembradas en caña para azúcar. En el país, en el año 2013 se produjeron 2,12 millones de toneladas de azúcar a partir de 21,56 millones de toneladas de caña. El principal subproducto de la industria de la caña de azúcar es el bagazo, la producción estimada es de 9 millones de

Natalia Afanasjeva¹
Juan Manuel Pantoja²
Edwin Recamán

¹ Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Química, Cali, Colombia, Grupo de Investigación en contaminación ambiental por metales y pesticidas (GICAMP).

² natalia.afanasjeva@correounivalle.edu.co;
pantoja.juan@correounivalle.edu.co.

toneladas por año en los ingenios colombianos El bagazo representa cerca del 25% de la cosecha de caña en los países tropicales. Con el fin de crear un valor agregado para este subproducto, se han realizado varios estudios, como la conversión de bagazo en productos útiles, tales como combustible (Mantilla, Gauthier-Maradei, Gil, & Cárdenas, 2014 y Díaz, et al., 2015), carbón activado por medio del proceso de pirólisis (Islam, Haniu, Islam, & Uddin, 2010), y otros como la fabricación de elemento móvil de cierre de válvulas tipo Jaula-Disco para el corazón con el carbóno pirolítico (López González, 2002)

La pirólisis es una de las tecnologías más usadas para la conversión térmica de materia orgánica en otras formas de energía o en derivados químicos de una manera económica y eco-amigable, dentro del concepto de bio-refinería. La conversión térmica de la biomasa residual está recibiendo cada día más la atención de investigadores en todo el mundo (Islam, et al., 2010) como una forma alternativa de obtener combustibles líquidos y gaseosos, pero también con la opción de usar el bioaceite en la síntesis química, como fuente de compuestos fenólicos naturales para la elaboración de resinas poliméricas, y además como materia prima de compuestos con propiedades bio-activas o con capacidad antioxidante. Los bioaceites o fracciones líquidas derivados de la pirólisis de biomasa tienen un alto contenido de compuestos oxigenados entre los cuales se encuentran ácidos, cetonas, furanos, azúcares y fenoles, los cuales pueden presentar actividades biológicas muy importantes como antifúngicas, antioxidantes, entre otras (Wang, et al., 2017; Maradei G, & Vecino M, 2014; Vecino M, Mancilla M, & Gauthier-Maradei, 2016).

La composición química del bagazo de la caña de azúcar depende de la variedad y edad de la caña, con una variación en el contenido de celulosa entre ~40 y 80%, hemicelulosa entre el ~25 y 45%, y lignina entre el ~5 y 25 %. La celulosa está constituida por unidades repetitivas de glucosa de tipo *D*, con enlaces 1-4 piranósido, (Figura 1) pudiendo establecerse puentes de hidrógeno en las posiciones 1 y 6 y aumentar así la resistencia. Las cadenas lineales se polimerizan formando fibrillas, y éstas a su vez se polimerizan en micro-fibrillas (que se orientan en función del cito-esqueleto) hasta dar una estructura rígida y cristalina.

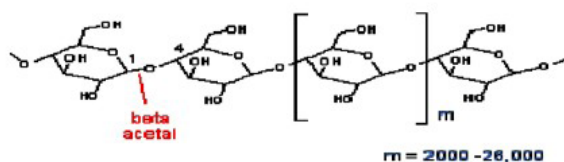


Figura 1. Estructura de la celulosa (β -anmero de glucosa).
Fuente: (Takahashi et al, 1991).

Parte experimental

El proceso de pirólisis de las muestras de bagazo de caña procedente del departamento de Santander (Rio Suarez y Oiba) y del Cauca, se realizó a varias temperaturas en un reactor tipo batch del laboratorio de “Química de las fracciones pesadas” de la Universidad del Valle. En calidad de objeto de estudio se utilizó el bagazo seco y molido con un tamaño de la partícula menor de 1x1mm, y gas N_2 como medio inerte en el reactor.

Las muestras se caracterizaron por medio de un análisis bromatológico con el fin de determinar su contenido en celulosa, hemicelulosa, lignina y grasa descrito por (Takahashi et al., 1991). Las técnicas de extracción que se emplearon fueron (Cataño R., 2009) las siguientes (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de análisis bromatológico.

Compuesto	Resultado, %	Método de análisis
Fibra en detergente ácido, %	50.78	Van Soest (AOAC 973.18, cap.4)
Fibra en detergente neutro, %	73.68	Van Soest (AOAC 2002, 04, cap. 4)
Grasa bruta, %	0.51	Extracción con Soxhlet (NTC 668)
Lignina, %	8.06	Van Soest (con $KMnO_4$)

Fuente: Takahashi et al., 1991

Para determinar la temperatura del proceso de pirólisis o la temperatura a la cual ocurre la mayor pérdida de masa, se hizo previamente el análisis térmico (TGA) a cada muestra de bagazo de caña. La mayor pérdida de masa del bagazo de caña (~70%) ocurre a temperaturas desde ~220°C hasta 420°C. En las figuras 2,3,4 se presenta el análisis termogravimétrico (TGA) del bagazo de caña de la región de Santander (Oiba), de Santander (Rio Suarez) y del Cauca. Con base en los resultados obtenidos, la mayor pérdida de masa del bagazo de caña del departamento de Cauca (~81,32%) ocurre antes de 420°C, que determina la temperatura máxima para c/u de los procesos de pirólisis.

Los resultados de balance de masa de la pirólisis lenta de diferentes muestras de bagazo de caña colombiano a nivel de laboratorio se presentan en la tabla 2 y coincide con los resultados anteriores para el otro tipo de bagazo de caña. (Afanasjeva, 2012).

Para todas las muestras de bagazo de caña y para todas las fracciones se realizó el análisis de los grupos funcionales por FT-IR y el análisis elemental. Se determinaron las fórmulas moleculares promedias. Las muestras de bioaceites obtenidos fueron analizadas por FT-IR, GC, GC-MS.



Tabla 2. Rendimiento de las fracciones obtenidas en la pirolisis lenta de diferentes muestras de bagazo de caña.

Tipo de bagazo de caña (BC)	Tem-peratura, (K)	Tiem-po, min	Balance de masa de los productos (% máscico)		
			Fracción líquida o bio-oil	Fracción gaseosa o biogas	Coque o bio-char
BC de Río Suárez	648	50	28,0	41,7	30,3
BC de Oiba (L)	643	35	18,6	49,7	31,7
BC del Cauca	433	30	18,0	43,9	38,1

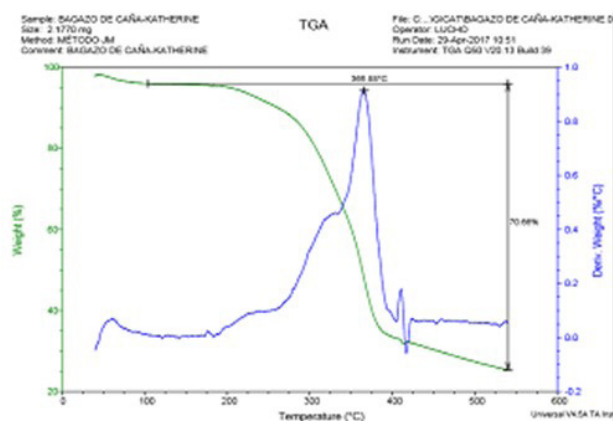


Figura 2. Análisis de TGA bagazo de caña de una región de departamento de Santander (Oiba).

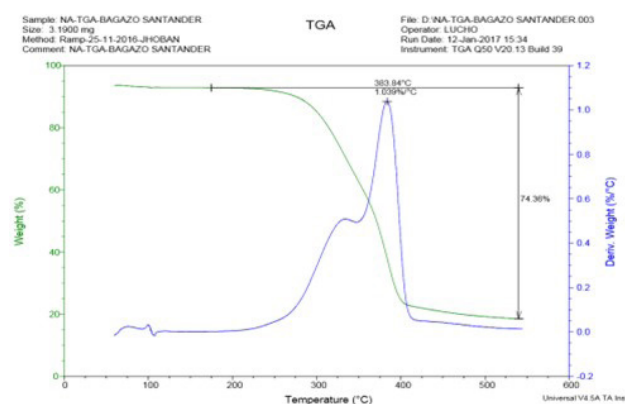


Figura 3. Análisis de TGA de bagazo de caña del departamento de Santander, Río Suárez.

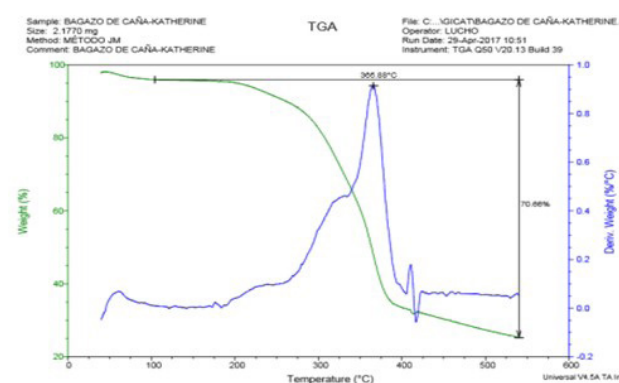


Figura 4. Análisis de TGA de bagazo de caña del departamento del Cauca.

Resultados y discusión

Al observar un análisis TGA realizado a una muestra de celulosa comercial, se aprecia una disminución de un 5 % en peso de la muestra a partir de 100°C, mientras que para las muestras de BC la disminución es del ~10% y se presenta entre 80°C y 140°C, lo que revela el mayor porcentaje de humedad restante que está presente en las muestras experimentales. Por otro lado, la muestras de BC estudiadas presentan un ~36% en pérdida de masa asociada a la degradación correspondiente de la hemicelulosa y lignina, en las temperaturas comprendidas entre 180°C y 340°C como también lo reporta (Yue, Lin, Xu, Li, & Zhao, 2017) Posteriormente, a partir de 340°C se presenta una degradación de celulosa, tanto para la celulosa comercial como para las muestras de BC con una pérdida en masa del ~12%.

El análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC) para una muestra de celulosa comercial muestra un pico endotérmico a 84.91°C asociado a la evaporación de agua. Similarmente el análisis DSC realizado a muestras de bagazo de caña presenta un pico asociado a dicha pérdida

de humedad pero desplazado a ~ 110 - 120°C . Además se observa un pico endotérmico a $\sim 330^{\circ}\text{C}$ y 350°C para la celulosa comercial y para los bagazos respectivamente, asociados a la fusión de fases cristalinas del polímero celulosa. (Afanasjeva & González, 2012).

Los resultados del poder calorífico (ver tabla 3) son los esperados, el mayor valor lo tiene el bagazo de caña de Santander (Rio Suarez) con 11.259 BTU/Lb.

Tabla 3. Analisis de poder calorífico de distintos tipos de bagazo de caña colombianos (realizado en laboratorio LAI).

Poder calorífico (PC)	Resultado de PC en BTU/Lb	Método
Bagazo Santander	11.259,55 CV:0,84 n=2	Bomba Parr
Bagazo de Cali	6.639,31 CV:4,71 n=2	Bomba Parr
Bagazo Valle	8.615,83 CV:0,91 n=2	Bomba Parr

Los resultados de análisis calorimétrico por DSC mostraron los datos de Energía de activación (o de Entalpía normalizada) para los tres, dos o cuatro etapas de craqueo de las moléculas de celulosa de diferentes regiones (Figura 5 y Tabla 4 a, b, c), mostrando diferente comportamiento termoquímico.

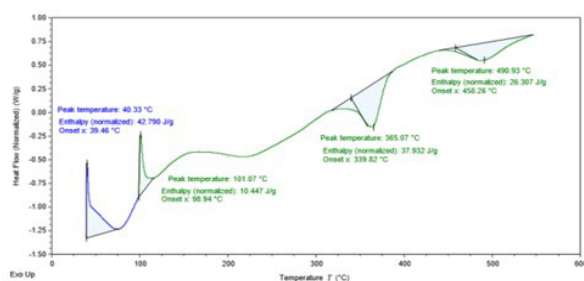


Figura 5. Análisis de DSC de bagazo de caña del departamento de Cauca y determinación de energía de activación o entalpía normalizada (J/g) para el mismo bagazo.

Tabla 4.a, b, c. Energía de activación para bagazo de caña de la región de Santander, Rio Suarez (a); de la región de Santander, Oiba, (b); del departamento del Cauca (c).

4a)

#Pico DSC	Entalpía normalizada, J/g	Temperatura, K
1	21,680	391,61
2	26,813	580,37
3	37,121	644,21

4b)

#Pico DSC	Entalpía normalizada, J/g	Temperatura, K
1	62.125	492.48
2	28.760	628.49

4c)

#Pico DSC	Entalpía normalizada, J/g	Temperatura, K
1	42.790	313.33
2	10.447	374.07
3	37.932	630.07
4	26.307	763.93

El análisis cinético será realizado mediante el método de Coats-Redfern para describir la pirólisis no isotérmica del BC.

Conclusiones

Los productos del proceso de conversión térmica lenta de *Saccharum officinarum* mostraron siguiente rendimiento: fracción líquida de $\sim 18\%$ - 28% mas, fracción gaseosa ($\sim 41,7\%$ - $49,7\%$ mas) y fracción sólida ($\sim 30,3\%$ - $38,1\%$ más).

La mayor pérdida de masa del bagazo de caña del Cauca ($\sim 81,32\%$) y de Santander ($\sim 75\%$) ocurre a temperaturas menores de 400°C .

Se determinó la energía de activación o entalpía normalizada para cada tipo de bagazo de caña colombiano con los siguientes datos: $E_{a1}=21.68$ J/g, $E_{a2}=26.81$ J/g, $E_{a3}=371.2$ J/g para el bagazo de caña de la región de Santander, Rio Suarez; $E_{a1}=62.13$ J/g, $E_{a2}=28.76$ J/g, para el bagazo de caña de la región de Santander (Oiba); $E_{a1}=42.79$ J/g, $E_{a2}=10.45$ J/g, $E_{a3}=37.93$ J/g $E_{a4}=26.31$, para el bagazo de caña del departamento del Cauca, mostrando diferente comportamiento termoquímico de las muestras.

Agradecimientos

Los autores agradecen a VRI de la Universidad del Valle por la financiación del proyecto de investigación "Obtención de derivados fenólicos con propiedades antioxidantes vía conversión térmica de los residuos de *Saccharum officinarum*" con código 71076.



Referencias

- Afanasjeva N., & González. T. (2012). Obtención y caracterización de biocombustibles líquidos a partir de la conversión pirolítica a baja temperatura del bagazo de caña. Colombia Forestal., vol. 15 (supl.1), oct.11-12, 42.
- Afanasjeva, N., (2012). Productos de la pirolisis de biomasa residual de bagazo de caña. Congreso Internacional de ingeniería y ciencias químicas (CHEMSCIE).3-4 de sept., Veracruz, México.
- Asocaña (2008). Informe anual 2008-2009. Sector Azucarero Colombiano. Asocaña. página 77.
- Cataño Rueda, E. H. (2009). Obtención y caracterización de nanofibras de celulosa a partir de desechos agroindustriales (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).
- Díaz, F. A., Chaves, A., Maradei, M. P., Fuentes, D., Guzmán, A., & Picón, H. (2015). Kinetic analysis of the thermal decomposition of Colombian vacuum residua by thermogravimetry. Ingeniería e Investigación, 35(3), 19-26. doi: <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v35n3.49498>
- Islam, M. R., Haniu, H., Islam, M. N., & Uddin, M. S. (2010). Thermochemical conversion of sugarcane bagasse into bio-crude oils by fluidized-bed pyrolysis technology. Journal of Thermal Science and Technology, 5(1), 11-23. doi: <https://doi.org/10.1299/jtst.5.11>
- López González A. (2002) Evolución del diseño de las prótesis valvulares a lo largo de las últimas cinco décadas. Hospital Universitario Puerta del Mar, Cádiz (España). Revista de Cardiología y Cirugía Cardiovascular, disponible en: http://www.portalesmedicos.com/portalcario/revista/abril2002001_art/index.htm
- Mantilla, S. V., Gauthier-Maradei, P., Gil, P. Á., & Cárdenas, S. T. (2014). Comparative study of bio-oil production from sugarcane bagasse and palm empty fruit bunch: yield optimization and bio-oil characterization. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 108, 284-294. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2014.04.003>
- Maradei G, P., & Vecino M, S., (2014). A French-Colombian Study on the potential of empty fruit bunch as feedstock for torrefaction, pyrolysis and gasification. 5th Int. Renewable Energy Congress.
- Takahashi, M., Arimatsu, Y., Fujita, S., Fujimoto, Y., Kondo, S., Hama, T., & Miyamoto, E. (1991) Protein kinase C and Ca²⁺ / calmodulin-dependent protein kinase II. Brain Res. 551:279-292. doi: [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(91\)90942-O](https://doi.org/10.1016/0006-8993(91)90942-O)
- Vecino M, S., Mancilla M., Á., & Gauthier-Maradei, P. (2016). Characterization of phenolic compounds contained in bio-oil stemming from agricultural biomass wastes. JPC- Journal of Planar Chromatography-Modern TLC, 29(5), 361-365. doi: <https://doi.org/10.1556/1006.2016.29.5.6>
- Wang, S., Hu, Y., Uzoejinwa, B. B., Cao, B., He, Z., Wang, Q., & Xu, S. (2017). Pyrolysis mechanisms of typical seaweed polysaccharides. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 124, 373-383. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2016.12.005>
- Yue, Y., Lin, Q., Xu, Y., Li, G., & Zhao, X. (2017). Slow pyrolysis as a measure for rapidly treating cow manure and the biochar characteristics. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 124, 355-361. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2017.01.008>

Caracterización de biopolímeros a base de residuos sólidos

Modalidad: Póster

Paula Casallas^{1,2}
 Daniela Sánchez^{1,2}
 Cecilia Rodríguez^{1,2}
 July Rincón^{1,3}
 Carlos Niño^{1,2}

Resumen

El presente proyecto comprende fabricación de biopolímeros a base de desechos agroindustriales y la caracterización parcial de su superficie mediante de Microscopía electrónica de barrido (SEM) y fuerza atómica (AFM). Se observó la Topografía y presencia de grietas para polímeros sintetizados a partir de residuos de papa, yuca, plátano, pescado, café, mango y zapote. Las observaciones sugieren que los polímeros de papa-yuca y escamas de pescado, presentan viabilidad como productos para la manufacturación.

Palabras claves: *microscopía electrónica de barrido (SEM), microscopía de fuerza atómica (AFM), polímero bio-basado.*

Introducción

Los plásticos convencionales suelen degradarse en periodos muy extensos, además de provenir de derivados del petróleo involucrados en la emisión de gases de efecto (KIMURA & HORIKOSHI, 2005) (pte ref No.2invernadero^{1,2}.) Esto constituye un grave problema de contaminación. Una alternativa son los polímeros bio-basados generados a partir de desechos agroindustriales, pues estos disminuyen el impacto ambiental implícito en la producción de los mismos (KIMURA & HORIKOSHI, 2005) sin comprometer la seguridad alimentaria. Empero es de vital importancia caracterizar sus propiedades a fin de asignarles a estos materiales una aplicabilidad pertinente. Es en este caso donde la microscopía electrónica de barrido (SEM) y la microscopía de fuerza atómica (AFM) pueden ofrecernos información valiosa sobre su microestructura. El presente proyecto comprende la fabricación de distintos prototipos de polímeros bio-basados en fuentes renovables y la caracterización parcial de su topografía y morfología por SEM (Tabla 1) y AFM.

¹ TecnoAcademia SENA sede Soacha. , Autopista Sur transversal. 7 No. 8-40, Bogotá, Colombia. chnino@sena.edu.co.

² Semillero Quimikiando, Autopista Sur transversal 7 No. 8-40, Bogotá, Colombia.

³ Semillero MICRONANOTEC, Autopista Sur transversal 7 No. 8-40, Bogotá, Colombia.



Parte Experimental

Fabricación de biopolímeros a partir de desechos agroindustriales.

Se generaron protocolos específicos para la fabricación de polímeros (Ver figura 1) bio-basados en desechos agroindustriales a partir de: cáscaras de yuca, papa y plátano (extracción y gelatinización de almidones), escamas de pescado (polimerización de colágeno), cáscaras de café y afrecho proveniente de zapote y mango (hidrólisis y polimerización de celulosa).

Caracterización de biopolímeros por SEM

Los polímeros sintetizados se sometieron a microscopía SEM a fin de determinar su rugosidad y detectar grietas u otras malformaciones en la película correspondiente. Esta metodología hace parte de una primera aproximación a la caracterización de la microestructura de estos polímeros para la asignación pertinente de posibles aplicaciones.

Caracterización de biopolímeros por AFM

Para los polímeros de papa y pescado se han iniciado un primer acercamiento, generando mapas de superficie mediante AFM.

Resultados y discusiones

Se obtuvieron siete películas de polímeros de Papa, Papa-yuca, Yuca, Yuca-maíz, Mango, Plátano-maíz y Escama de pescado.

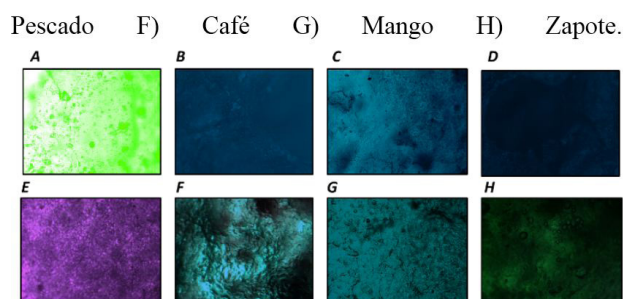


Figura 1. Aspecto macroscópico de la superficie de los polímeros sintetizados. Microscopía óptica (40x). Polímeros de A) Papa, B) Yuca C) Papa-Yuca, D) Plátano-Maíz E) Pescado, F) Café, G) Mango, H) Zapote.

Los polímeros sintetizados se analizaron por SEM en la figura 2. Aquellos de papa-yuca y escamas de pescado, presentaron superficies uniformes, junto con poca presencia de grietas y productos sin disolver ver tabla 1. Esto sugiere posible viabilidad para la manufacturación de películas finas.

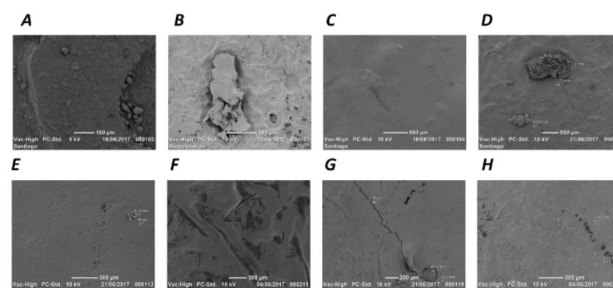


Figura 2 Aspecto microscópico de la superficie de los polímeros sintetizados por SEM. Generalidades e imperfecciones de polímeros de: A) Papa, B) Yuca C) Papa-Yuca, D) Plátano-Maíz E) Pescado, F) Café, G) Mango, H) Zapote.

Tabla 1 Características morfológicas de los polímeros sintetizados. Caracterización por SEM

Biopolímero	Caracterización SEM
Papa	Superficie porosa, varias grietas, Productos sin disolver
Yuca	Superficie rugosa, grietas, presencia de burbujas y grumos
Papa-yuca	Superficie lisa, pocas grietas, poca presencia de grumos
Plátano-maíz	Superficie rugosa, grietas amplias (88 μm -0,20 mm)
Escamas de pescado	Superficie lisa, grietas pequeñas (47 μm - 69 μm)
Mango	Superficie lisa, presencia de múltiples grietas pequeñas
Mango	Superficie lisa, productos sin disolver, grietas amplias
Zapote	Superficie rugosa. Presencia de grumos

Actualmente se cuenta con un primer mapa de la topografía para los polímeros de papa y pescado AFM. En la figura 3 el polímero de pescado a pesar de presentar una estructura microscópica lisa, presenta rugosidad a escalas menores.

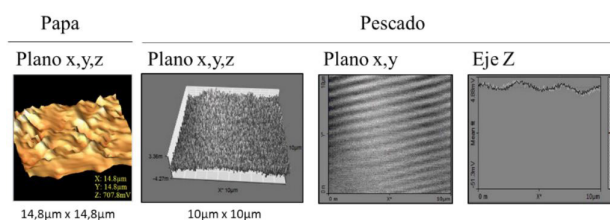


Figura 3. Mapa de la topografía para los polímeros de papa y pescado AFM

Se espera caracterizar los demás polímeros mencionados respecto a sus propiedades mecánicas por microscopia de fuerza atómica (AFM).

Conclusiones

Los polímeros de papa-yuca y escamas de pescado, presentan viabilidad como productos para la manufacturación de películas finas, dada su uniformidad.

Los polímeros de superficie porosa o rugosa muestran potencial para emplearse en la fabricación de artículos de mayor contundencia, sin embargo sus propiedades mecánicas esperan a ser evaluadas.

El polímero de colágeno de escamas de pescado presenta una rugosidad solo detectable a escalas dentro de los 10 μ m de espesor. Las posibles aplicaciones de esta peculiar característica esperan a ser evaluadas.

El restante de los polímeros mencionados debe ser caracterizado respecto a sus propiedades mecánicas por microscopia de fuerza atómica (AFM) a fin de detectar y comparar por completo los perfiles de su estructura y propiedades.

Agradecimientos

Agradecemos al programa TecnoAcademia del Sena por la formación, prestamos de equipos SENA.

Referencias

- KIMURA, K., & HORIKOSHI, Y. (2005). Bio-based polymers. Fujitsu scientific and technical journal, 41(2), 173-180.
- Mülhauptv R. Macromol. Chem. Phys. 2013, 214, 2, 1521-3935



Síntesis de ácido poliláctico por policondensación por fusión

Modalidad: Póster

Resumen

El Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria SENA ASTIN desarrolló una planta piloto para estudiar la producción de Ácido Poliláctico (PLA) de alto peso molecular. Una alternativa al método tradicional de producción de PLA conocido como polimerización por apertura de anillo es la polimerización por policondensación por fusión, este último proceso consta de dos etapas que son: oligomerización en donde se obtiene PLA de bajo peso molecular por aumento de temperatura y disminución de presión; y polimerización en el que se obtiene PLA de alto peso molecular usando un sistema catalítico constituido por $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y ácido p-Toluensulfónico.

Palabras claves: *ácido poliláctico, policondensación, polimerización.*

Introducción

El PLA es un biopolímero cuya demanda ha aumentado ya que por sus propiedades de biodegradación lo hace muy apetecido para la elaboración de empaques que tengan un bajo impacto ambiental. Otra aplicación importante del PLA, principalmente en el campo de la medicina, por sus propiedades como compuesto biocompatible es la elaboración de hilos de sutura e implantes (Lunt, 1998).

Ante la importancia que tiene en la actualidad dicho biopolímero como sustituto de los polímeros derivados del petróleo, el Centro ASTIN - SENA ha venido realizando un proyecto titulado "Desarrollo de Productos extruidos a partir de Biopolímero de Ácido Láctico" dentro del cual se diseñó y se construyó una planta piloto didáctica para la síntesis de Ácido Poliláctico, con la que se pretende familiarizar a los aprendices con la tecnología de fabricación del polímero y avanzar en la investigación alrededor del tema.

El compuesto usado como materia prima principal es el ácido láctico, el cual puede obtenerse por síntesis o

Fernando González S.²
Jaime Gálvez¹

¹ Centro Nacional ASTIN - SENA, Cali, Colombia. jagalvez39@misena.edu.co.

² Centro Nacional ASTIN - SENA, Cali, Colombia. fgonzalezs@sena.edu.co.

por producción biotecnológica. Del ácido láctico existen los isómeros D, L, el meso y el racémico (Lunt, 1998). El método más usado para la obtención de ácido poliláctico se denomina polimerización por apertura de anillo en el que se obtiene un producto de peso molecular entre, de 2×10^4 a 6.8×10^5 g/mol (Figura 1) (Hyon, Jamshidi, & Ikada, 1997). En el presente trabajo se pretende aplicar un proceso que se conoce como polimerización por policondensación por fusión en el que se disminuyen los pasos del proceso de obtención y se elimina la purificación del lacturo, lo que contribuye a la disminución de costos del producto final debido a que el proceso de purificación requiere de tiempo y solventes.

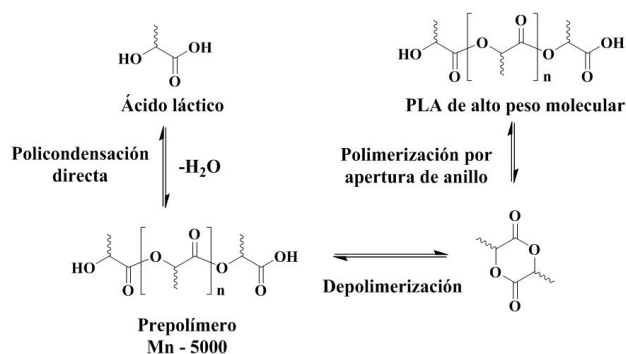


Figura 1. Proceso de obtención de ácido poliláctico por apertura de anillo.

microondas y su regeneración ósea. Tesis de grado, Universidad del Valle.



Figura 2. Proceso de obtención de ácido poliláctico por policondensación por fusión.

El proceso de polimerización por policondensación por fusión se puede ver en la figura 2.

Como se puede apreciar el proceso consta de dos etapas a diferencia de la polimerización por apertura de anillo que consta de 4 etapas. La policondensación se ha realizado con catalizadores de estaño del tipo Sn(II) (Moon, Lee, Miyamoto, & Kimura, 2000), y se ha comprobado que usando dichos catalizadores junto con ácidos protónicos se obtenían pesos moleculares mayores, y además mejores resultados en cuanto a la racemización y al color del polímero obtenido.

Parte Experimental

Materiales

Para la síntesis del ácido poliláctico se usaron los siguientes reactivos: ácido láctico marca Bioquigén al 85%, dicloruro de estaño hidratado al 97% marca PanReac, ácido p-toluensulfónico Merck al 99 %. Para la titulación ácido base del polímero obtenido se utilizó hidróxido de potasio (KOH) con una pureza de 85% marca Panreac, Ftalato ácido de potasio con una pureza de 99% marca Panreac, Metanol a una concentración de 95-99% marca J.T Baker. Para la dilución del ácido poliláctico: Alcohol isopropílico con una pureza de 98% marca J.T Baker, tolueno con una concentración de 99% marca J.T Baker.

Metodología

Oligomerización. En un balón de 2 litros se adicionan 1.0 L de ácido láctico y se calientan a 150°C durante dos horas a presión atmosférica, luego la presión se reduce a 100 torr durante dos horas y finalmente se disminuye a 30 torr; la temperatura se mantiene constante durante todo el proceso. La temperatura se controla mediante un PLC y para el control de la presión se usa un sensor pirani con una válvula de precisión, la agitación se hace mediante un agitador magnético.

Polimerización. Al oligómero obtenido en la etapa anterior se adicionó una mezcla de catalizadores constituida por dicloruro de estaño hidratado PanReac al 97% y ácido p-toluensulfónico al 99%; la mezcla de reacción se calienta a 180°C y luego se disminuye la presión desde la atmosférica hasta 10 torr en el lapso de 1 hora, Posteriormente las condiciones de reacción se sostienen por 5 horas. El peso molecular se determinó por titulación según la norma (ASTM D1639-90, 1996) y el análisis por espectroscopia infrarroja se hizo en un equipo marca Thermo de referencia FT-IR Nicolet iS10. Rango espectral de $7800\text{--}350\text{ cm}^{-1}$.

Resultados y discusiones

El producto obtenido después de los procesos de oligomerización y polarización se purificó mediante una mezcla agua acetona y se secó a temperatura ambiente bajo presión reducida; posteriormente una muestra del polímero se disolvió en una mezcla de alcohol isopropílico-tolueno y se tituló con una solución patrón de KOH, el resultado de la



titulación mostró que el valor del peso molecular del PLA sintetizado por policondensación directa correspondió a 8172 g/mol.

El ácido poliláctico sintetizado también se caracterizó por espectroscopia infrarroja, en la figura 3 se observa el espectro IR del PLA sintetizado (línea roja) y se compara con los espectros IR de dos muestras de PLA sintetizadas por Solis (2009) que corresponden muestras de PLA de 2013 g/mol (línea azul) y 1645 g/mol (línea negra) (Solis Caicedo, Betancur Salazar, Zuluaga Corrales, & Valencia Llano, 2009).

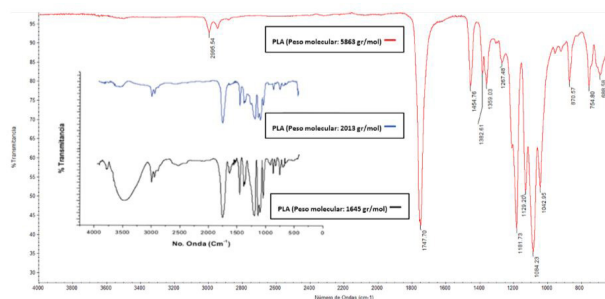


Figura 3. Espectro infrarrojo del polímero de PLA sintetizado.

En los espectros IR se observan las bandas características de los grupos funcionales presentes en las moléculas de PLA; el grupo carbonilo C=O, generalmente se hace visible entre 1725 y 1700 cm^{-1} mientras las vibraciones de elongación para el C-O se presentan alrededor de 1300 y 1000 cm^{-1} ; por su parte la banda de vibración de elongación del grupo hidroxilo, OH, que se presenta como una banda amplia entre 3650 y 3500 cm^{-1} , solo se observa claramente en el espectro del monómero a 3531 cm^{-1} y es debido a la alta concentración de éstos grupos en el PLA de bajo peso molecular. Por lo tanto la ausencia de la banda correspondiente a grupos hidroxilo en el espectro del PLA sintetizado es un indicio de la obtención de PLA de alto peso molecular (Millán, 2009).

En el espectro de resonancia magnética nuclear protónica (RMN ^1H) se pueden observar los protones sobre los carbonos adyacentes al grupo carbonilo (HC-COO) en dos señales diferentes dependiendo si se encuentran al interior o al exterior de la cadena (Figura 4). De éste modo, para los grupos CH ubicados al interior de la cadena se observan valores de desplazamiento químico entre 5,15 – 5,20 ppm y para éste mismo grupo en el exterior de la cadena se observa un desplazamiento a campo más alto entre 4,34 – 4,39 ppm; ambas señales son cuartetos mostrándose así el acoplamiento con el grupo metilo adyacente ($-\text{CH}_3$).

Para los metilos ($-\text{CH}_3$) internos en la cadena se tiene un desplazamiento de 1,59 ppm, mientras que para los metilos externos este valor es observado a 1,27 ppm. (Millán, 2009).

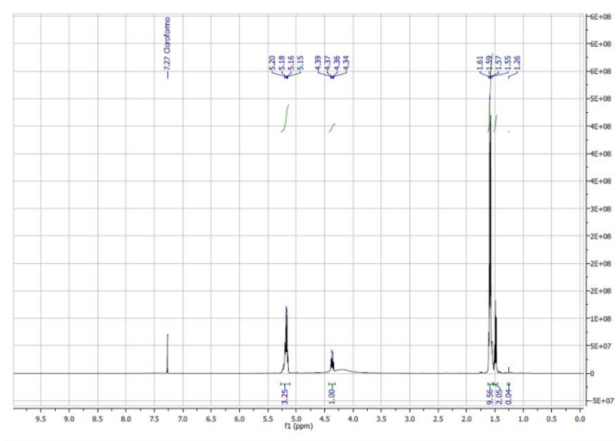


Figura 4. Espectro RMN de ácido poliláctico sintetizada.

Conclusiones

Hasta el momento el mayor valor obtenido de peso molecular de ácido poliláctico ha sido 8172 g/mol, por lo cual es necesario continuar con la investigación para aumentar dicho valor, con el propósito de obtener un material más adecuado para su utilización en procesos como extrusión o inyección.

Referencias

- ASTM D1639-90 e1 (1996), Standard Test Method for Tensile Strength and Young's Modulus of Fibers. American Society for Testing Materials ASTM.
- Hyon, S. H., Jamshidi, K., & Ikada, Y. (1997). Synthesis of polylactides with different molecular weights. *Biomaterials*, 18(22), 1503-1508. doi: [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(97\)00076-8](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(97)00076-8)
- Lunt, J. (1998). Large-scale production, properties and commercial applications of polylactic acid polymers. *Polymer degradation and stability*, 59(1-3), 145-152. doi: [https://doi.org/10.1016/S0141-3910\(97\)00148-1](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(97)00148-1)
- Millán, L. (2009) "Síntesis y caracterización de ácido poliláctico de bajo peso molecular y su aplicación en copolimerización mediante

Moon, S. I., Lee, C. W., Miyamoto, M., & Kimura, Y. (2000). Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry, 38(9), 1673-1679. doi: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0518\(20000501\)38:9<1673::AID-POLA33>3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0518(20000501)38:9<1673::AID-POLA33>3.0.CO;2-T)

Solis Caicedo, Y., Betancur Salazar, C., Zuluaga Corrales, H., & Valencia Llano, C. (2009). Caracterización e implantación de un relleno ácido poliáctico para la Regeneración Ósea. Informador Técnico, 73, 6-15. doi: <https://doi.org/10.23850/22565035.734>



Síntesis de bioplásticos a partir de almidones de yuca y ñame como alternativa a los plásticos comunes

Cesar Augusto Guevara Lastre¹
Edwing Alexander Velasco Rozo²
José Sebastián Rincón Acosta³

¹²³ Instituto Universitario de la Paz, Km 14 vía Bucaramanga, Vereda el Zarzal, Barrancabermeja, Colombia.

Modalidad: Póster

Resumen

La elaboración, uso y mala disposición de los residuos plásticos obtenidos a partir de petróleo ha causado una problemática ambiental a escala mundial, ya que los productos obtenidos a base de hidrocarburos poseen baja degradabilidad por parte del medio ambiente. Una alternativa son los bioplásticos obtenidos a partir de almidones de yuca y ñame. En este estudio se obtuvo películas a partir de almidón de yuca, para ello se utilizó una mezcla de 10% de almidón, 85% de agua y 5% de agente plastificante (glicerina). Esta se llevó a 90 °C para formar el gel, Posteriormente se ingresó por 3 horas a un horno a una T=80 °C. Por último se determinó la resistencia que fue de 5,47N

Palabras claves: bioplásticos, almidón, yuca, ñame, resistencia.

Introducción

La generación de bolsas plásticas a base de petróleo, permite obtener un producto a bajo costo y con gran versatilidad de uso (Ospina, 2015), pero estas poseen una baja velocidad de descomposición, tardando hasta 500 años en degradarse completamente (Valero-Valdivieso, Ortégón, & Uscategui, 2013), generando de esta manera millones de toneladas de plásticos a nivel mundial, donde muchos terminan acumulándose en el medio ambiente (Oluwasina, Umunna, Olusegun, & Wahab, 2016). Una alternativa de reemplazo son los bioplásticos, porque estos son obtenidos a base de biomasa como los almidones de granos y tubérculos, celulosa y el ácido poliláctico (Navia-Porras, & Bejarano-Arana, 2014; Herryman Munilla, & Blanco Carracedo, 2005). Uno de los productos más utilizados para la elaboración de biopolímeros es el almidón, porque se encuentra en grandes proporciones en la naturaleza (Zhou, Robards, Glennie-Holmes, & Helliwell, 1998), y además posee dos polisacáridos: la amilosa (cadena lineal) y

amilopectina (cadena ramificada) (Onitilo, Sanni, Oyewole, & Maziya-Dixon, 2007), las cuales influyen en propiedades como: viscosidad, temperatura de gelatinización, poder de hinchamiento, solubilidad, estabilidad del gel y poder de absorción de agua (Hernández-Medina, Torruco-Uco, Chel-Guerrero, & Betancur-Ancona, 2008). Teniendo en cuenta las propiedades que poseen los almidones, en este estudio se realizaron películas de almidones nativos de yuca y ñame y se determinaron la resistencia mecánica de las películas obtenidas.

Parte Experimental

La elaboración de los bioplásticos se realizó en dos etapas, primero se extrajeron los almidones de los tubérculos de yuca y ñame, siguiendo la metodología descrita en la Figura 1; segundo, se llevó a cabo la síntesis donde se utilizó glicerina al 85% marca Merck, como agente plastificante. Se realizó la mezcla de almidones, agua y glicerina, en las proporciones que se muestran en la tabla 1, para luego realizar la síntesis en un reactor de 250 mL sobre una plancha de calentamiento hasta alcanzar una temperatura de 90 °C. Por último se ingresó durante 3 horas a un horno a una temperatura de 80 °C, hasta obtener una consistencia adecuada.



Figura 1. Metodología obtención almidones.

Fuente: Autores

Tabla 1. Proporciones de los reactivos.

Almidón	% Almidón	% Agua	% Glicerina
Yuca	10	85	5
Ñame	10	85	5

Fuente: Autores

Resultados y discusiones

Los resultados obtenidos para este estudio fue la obtención de los bioplásticos a partir de almidón de yuca como se muestra en la Figura 2, a partir de almidón de ñame la formación fue parcial porque este presenta rigidez y poca flexibilidad, como se observa en la figura 3.

La razón de la no formación de un biopolímero a partir del almidón de ñame se debe a que la relación de amilosa/amilopectina, en este es alrededor de 30/70 y para el almidón de yuca es aproximadamente de 20/80 (Guevara Lastre, 2016).



Figura 2. Bioplásticos a partir de almidón de yuca.

Fuente: Autores

La resistencia a la tensión se determinó como la fuerza requerida para estirar las muestras hasta su rompimiento, utilizando un analizador de textura (STABLE MICRO SYSTEMS, TA.XTplus). Para éste análisis se utilizó una celda de carga de 5 kg_r, velocidad *pre-test* = 2 mm/s, velocidad *test* = 1 mm/s, velocidad *post-test* = 2 mm/s, altura inicial = 10 cm). La geometría de las probetas fue de 10 cm de largo, 1 cm de ancho y 2 mm de espesor. Donde la resistencia reportada fue de $5,47 \pm 0,05$ N, como se muestra en la Figura 4.



Figura 3. Bioplástico a partir de almidón de ñame

Fuente: Autores

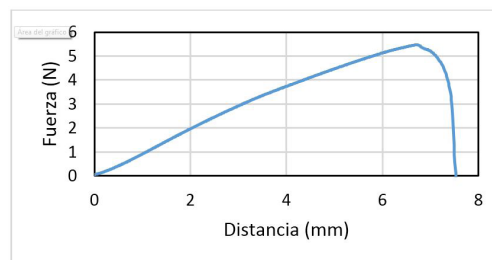


Figura 4. Curva de resistencia bioplástico almidón de yuca

Fuente: Autores



Conclusiones

Los bioplásticos obtenidos partir de almidón de yuca poseen mejores propiedades que los formados a partir de las féculas de ñame.

La resistencia a la tensión del biopolímero sintetizado con unas proporciones en %masa de 5, 10 y 85, de glicerina, almidón de yuca y agua, respectivamente. Fue de 5,47 N. Donde la relación de amilosa/amilopectina tiene incidencia.

Agradecimientos: Al Instituto Universitario de la Paz, a la Ing. Angélica María Cervantes Ordoñez y a los docentes de la Escuela de Ingeniería de Producción.

Referencias

Guevara Lastre, C. (2016). Influencia de la relación amilosa/amilopectina en la resistencia de los adhesivos elaborados a partir de almidones nativos de yuca y ñame. *Citecsa*, 7(12), 25-37. Recuperado De <http://Www.Unipaz.Edu.Co/Ojs/Index.Php/Revcitecsa/Article/View/128>

Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J. G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Food Science and Technology (Campinas)*, 28(3), 718-726. doi: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300031>

Herryman Munilla, M., & Blanco Carracedo, G., (2005). Ácido láctico y poliláctico: Situación actual y tendencias. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 39(1), 49-59. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120659007>

Navia-Porras, D. P., & Bejarano-Arana, N., (2014). Evaluation Of Physical Properties Ofthermopressing Bioplastics Made From Cassava Flour. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 40-48.

Oluwasina, O., Umunna, C., Olusegun, J., & Wahab, O., (2016). *Journal of Science and Technology*, 38, 349-355

Onitilo, M. O., Sanni, L. O., Oyewole, O. B., & Maziya-Dixon, B. (2007). Physicochemical and functional properties of sour starches from different cassava varieties. *International Journal of Food Properties*, 10(3), 607-620. doi: <https://doi.org/10.1080/10942910601048994>

Ospina, S. (2015). Biopolímeros y su aplicación en medio ambiente. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17(2), 5-6. doi: <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v17n2.54295>

Valero-Valdivieso, M., Ortegon, Y., & Uscategui, Y. (2013). Biopolímeros: Avances y Perspectivas. *Dyna*, 80(181), 171-180. Recuperado De <https://Revistas.Unal.Edu.Co/Index.Php/Dyna/Article/View/20642>

Caracterización del almidón extraído del cotiledon de mango para aplicaciones en polímeros

Estefania Agudelo¹
Jherson Diaz²
Andrés Arias Durán¹
Lina María Franco¹

¹ Grupo de investigación Kimsa, Facultad de ingeniería, Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium, Cra. 122 No. 12 – 459, Cali, Colombia. Imfranco@unicatolica.edu.co

² Línea de nanotecnología y biotecnología, Tecnoparque Nodo Cali, Cra 5 No, 11 -68, Cali, Colombia.

Modalidad: Póster

Resumen

En este trabajo se evaluó el rendimiento de la extracción de almidón del cotiledón de mango obtenido a partir del desecho agroindustrial generado del procesamiento de la pulpa de mango común. La obtención del almidón se realizó mediante el método de extracción en medio acuoso con un rendimiento del 25%. Se estudió la evolución de las propiedades del almidón en función de la temperatura mediante análisis termogravimétrico (TGA) y calorimetría diferencial de barrido (DSC). Se encontró una temperatura de degradación del almidón de 300 °C mientras que el punto de transición vítrea esta alrededor de 125.80 °C. Mediante espectroscopia Raman, se realizó la caracterización estructural del almidón, se observó la presencia de las bandas características de los modos de vibración de los polisacáridos que lo conforman; lo cual hace al almidón potencialmente útil para la obtención de plásticos biodegradables

Palabras claves: *Almidón, Bioplástico, Mango común, Mangifera indica.*

Introducción

Actualmente, en el mundo hay un creciente interés en la utilización de biopolímeros para aplicaciones en las cuales se emplean tradicionalmente polímeros sintéticos. Este interés se ve reflejado en la capacidad de producción mundial de biopolímeros que en 2007 se estimó en un aproximado de 360.000 ton, de las cuales el 43% proviene de almidón plastificado de acuerdo a **ABIPLAST**, 2013. De esta manera, el almidón como material termoplástico es una alternativa viable, ya que se trata de una materia prima económica, abundante, renovable y biodegradable (García, Ribba, Dufresne, Aranguren & Goyanes, 2009), sin embargo, el uso de almidón obtenido de fuentes tradicionales, como el maíz, la yuca, el trigo, el arroz y la papa, no es conveniente ya que se trata de fuentes alimenticias. Por lo cual, se hace necesario el desarrollo de rutas tecnológicas alternativas



que permitan el uso de fuentes de almidón no alimentarias.

Con relación al consumo mundial de mango, Colombia ocupa el puesto veintiuno en el mundo, con un per cápita de 5.27 kg, muy por debajo de Tailandia, el número uno (34.44 kg), cuyas condiciones agroclimáticas son parecidas a las nuestras. Por lo tanto, el bajo consumo de mango en Colombia representa una gran oportunidad de crecimiento en este sector agroindustrial. La semilla de mango o cotiledón representa alrededor del 13% del peso total del fruto (Temperado, 2014), este porcentaje es de alrededor del 50% de endocarpio, el 2% es el tegumento y el 48% es el núcleo.

Además, teniendo en cuenta que este cotiledón contiene aproximadamente del 40 al 50% de almidón (Pereira da Silva, Lopes de Siqueira, Spaziani Pereira, Chamhum Salomão & Barbosa Struiving, 2009), se percibe como fuente potencial de materia prima para la producción de polímeros biodegradables. Por lo anterior, en este trabajo se tiene como objetivo aprovechar los residuos del procesado agroindustrial del mango, mediante la extracción y caracterización del almidón obtenido del cotiledón como posible materia prima para el desarrollo de materiales biodegradables.

Parte Experimental

Inicialmente, se recolectaron semillas de mango común encontradas como desperdicio en el mercado local en Cali, Colombia. A las semillas recolectadas se les retiró manualmente la cáscara por corte para la separación del cotiledón de la semilla. Los cotiledones obtenidos se molieron utilizando un procesador de alimentos industrial obteniendo pedazos muy finos los cuales fueron sometidos a secado en una estufa de aire forzado a 50 °C durante 24 horas. Posteriormente, el material se pasó por un molino universal para obtener harina de cotiledón de mango. Para la obtención del almidón se empleó el método de extracción con agua destilada. La harina obtenida fue disuelta en agua destilada en proporción 1:3 en masa y se dejó en reposo y temperatura ambiente por un periodo de 24 horas. Luego el extracto resultante fue filtrado empleando papel filtro, se obtiene una primera lechada y los residuos sólidos fueron macerados y mezclados con agua destilada manteniendo la misma relación 1:3 por 15 minutos, se dejó en reposo a temperatura ambiente durante 24 horas y se obtuvo una segunda lechada. Posteriormente, las lechadas juntas fueron procesadas en un tamiz de 450 μm y se obtuvo un residuo sólido que fue descartado. La solución libre de

residuos sólidos fue almacenada a una temperatura de 7 °C por un periodo de 24 horas. Finalizando el tiempo de reposo se obtuvo la formación de una pasta insoluble compacta de aspecto gelatinoso la cual se separó mediante decantación, La pasta insoluble compacta fue secada en estufa de aire forzado a 50 °C, hasta obtener una harina bien seca. La harina fue tamizada para obtener una granulometría uniforme. Se hicieron ensayos de termogravimetría y calorimetría diferencial de barrido a la harina obtenida empleando un equipo Mettler Toledo – StarSystem. Por último, se hizo espectroscopía Raman empleando un espectrómetro Thermo Scientific DXR - SmartRaman, operado con un láser con longitud de onda de 780 nm.

Resultados y discusiones

El rendimiento en el proceso de extracción del almidón fue de 25 % aproximadamente con respecto al peso inicial del cotiledón de mango y de 50 % con respecto al cotiledón procesado y seco. La figura 1 muestra la curva correspondiente del análisis termogravimétrico (TGA) realizado al almidón obtenido, en la curva de TGA se observan dos eventos relacionados con la pérdida de masa en el material, inicialmente se presenta una leve disminución de masa en el material alrededor de los 100 °C asociada con la pérdida de agua contenida en el almidón, lo cual indica que el proceso de secado no fue del todo eficiente; un segundo evento ocurre alrededor de 350 °C está relacionado con la temperatura de degradación térmica del almidón indicando la ruptura de las estructuras químicas correspondientes a la amilosa y amilopectina.

La caracterización estructural obtenida por espectroscopia Raman muestra las bandas asociadas a los modos de vibración de las moléculas de polisacáridos que conforman almidón, la amilosa y la amilopectina, mostrando el espectro típico de los almidones.

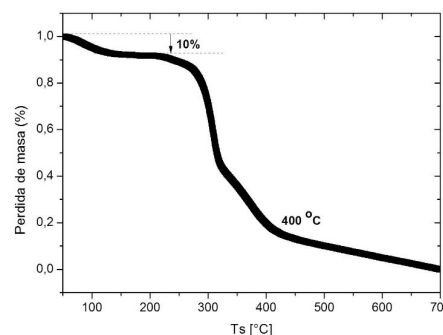


Figura 1. Curva TGA para almidón obtenido de cotiledón de mango común.

Conclusiones

La caracterización estructural y térmica realizada a la harina obtenida arrojó como resultado características y parámetros típicos de un almidón, lo cual permite concluir que se logró extraer almidón del cotiledón de mango común utilizando como solvente agua destilada con un rendimiento del 25%.

Agradecimientos

El presente trabajo es financiado por la Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium mediante proyecto aprobado en IV convocatoria interna de investigaciones, además, este trabajo contó con el apoyo de Tecnoparque nodo Cali Línea de Biotecnología y Nanotecnología, mediante contrato 11906.

Referencias

- Associação Brasileira da Indústria do Plástico – ABIPLAST. (2013). Perfil 2013. São Paulo. Recuperado em 7 de fevereiro de 2014, de <http://www.abiplast.org.br/site/estatistica>.
- García, N. L., Ribba, L., Dufresne, A., Aranguren, M., & Goyanes, S. (2009). Influencia del tipo de almidón empleado como matriz en las propiedades físico-químicas de nanocompuestos biodegradables. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales S*, 1, 903-909.
- Medina, J. C., Bleinroth, E. W., Martin, Z. J., Quast, D. G., Hashizume, T., Figueiredo, N. M. S., ... & Neto, L. B. (1981). *Serie Frutas Tropicais*. Campinas: IMESP, 8, 399.
- Pereira da Silva, D. F., Lopes de Siqueira, D., Spaziani Pereira, C., Chamhum Salomão, L. C., & Barbosa Struiving, T. (2009). Caracterização de frutos de 15 cultivares de mangueira na Zona da Mata mineira. *Revista Ceres*, 56(6).
- Temperado, E. C. (2014). *Anais do VI Encontro Latinoamericano Prunus Sin Fronteras*.



Desarrollo y aplicación de Nano-Fibras de celulosa obtenidas a partir de bagazo de caña panelera para la retención de micro-partículas para la descontaminación de agua

Modalidad: Póster

Dr. Edwin Yesid Gómez-Pachón¹
Andrés Mauricio Ramírez-Alba²
Efrén de Jesús Muñoz-Prieto³
Jorge Arturo Torres Pemberti⁴

¹Facultad Duitama, Escuela de diseño industrial, Grupo de investigación Diseño, innovación y Asistencia Técnica de Materiales avanzado-DITMAV Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, Duitama, Boyacá.

¹Facultad de ciencias básica,s ciencias químicas , Grupo de investigación, Desarrollo y Aplicación de nuevos materiales DANUM, Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, Duitama , Boyacá.

Resumen

En los municipios aledaños a la orilla del río Suárez ubicado en el departamento de Boyacá, el bagazo de caña utilizada en trapiches es quemada, produciendo así agentes contaminantes perjudiciales para la población de las zonas circundantes, continuando con los avances de proyectos anteriores donde se procedió a preparar nanofibras a partir de celulosa bagazo de la caña de azúcar mediante la agrupación de electro sedimentación. Se desarrollara una caracterización de las nanofibras de celulosa obtenida a partir del bagazo de caña, la implementación de este material para la purificación de recursos hídricos y comparación respecto a otros sistemas tradicionales de purificación.

Palabras claves: *Caña panelera, celulosa, nanofibras, filtración.*

Introducción

En este proyecto se propone el desarrollo de una investigación entorno la caracterización de las nanofibras de celulosa obtenidas a partir del bagazo de caña, diferenciar las propiedades de los materiales obtenidos por los distintos métodos de electrohilado y dar lugar así al análisis de viabilidad de este material a emplear para la purificación de recursos hídricos y comparar el desempeño del mismo respecto con los sistema de purificación tradicionales.

Parte Experimental

Se realiza un estudio sistemático bajo un esquema de diseño estadístico experimental con el fin de establecer,

por una parte diferentes tipos de extracción de la celulosa, síntesis de acetilización de la celulosa, así como se determinan los parámetros óptimos de electrohilado con el cual se obtengan membranas de nanofibras de celulosa. El estudio de parámetros de electrohilado a la solución de celulosa, se realizará mediante un diseño estadístico (24) de 2 niveles para los 4 factores siguientes: Relación de composición de celulosa-Dimetil-formamida (DMFA), diferencia de potencial, caudal de inyección y distancia entre la aguja-colector, bajo el esquema de diseño completamente aleatorio (DCA).

Se analizará con un ANOVA (análisis de varianza) para establecer los efectos de la combinación de factores, por tal razón se desea usar el software de análisis estadístico minitab. La determinación de la estructura y porosidad de los andamios se realizará tomando diferentes muestras y se llevarán a los equipos de técnicas analíticas tales como microscopia electrónica de barrido, espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier, difracción de rayos X, análisis termogravimétrico, calorimetría diferencial de barrido. Finalmente se analizará las propiedades mecánicas de las membranas mediante ensayos de tracción, pruebas de permeabilidad, pruebas de difusión que permitirán determinar las características de eficiencia de los filtros.

Resultados y discusiones

El interés en la síntesis de nanofibras de polímero de base natural nace debido a las ventajas que estos poseen, incluyendo la biocompatibilidad y la hidrofiliidad y atoxicidad (Sun, Sun, Zhao & Sun, 2004). La tendencia creciente de los últimos años respecto a utilización eficiente de los residuos agroindustriales como el bagazo de caña (Bhattacharai, Li, Edmondson & Zhang, 2006; Sun, Sun, Zhan & Sun, 2004; Costa, et al., 2013), producidos por la industria panelera, los que son utilizados como combustible para permitir el funcionamiento de los denominados trapiches. El aprovechamiento de la celulosa contenida en el bagazo residual, mediante la transformación en membranas de nanofibras. Esto por medio de equipos de electrohilado, tecnología ya obtenida en estudios anteriores.

El electrohilado ha sido uno de los procesos relativamente sencillos, versátiles y prometedores para producir nanofibras continuas desde polímeros sintéticos y naturales a causa de la integridad estructural y los arreglos de fibras específicos. Nanocristales de celulosa o whiskers se han utilizado para reforzar materiales de almidón, los Whiskers son filamentos cortos muy delgados, más

pequeños que las fibras cortadas; Actualmente, se han fabricado más de 100 nanofibras, a partir de diferentes polímeros usando electrohilado con diámetro que varía de 40 a 2000 nm; En estudios anteriores han sido reportados diversos enfoques para la preparación de nanocelulosa altamente purificada a partir de materiales celulósicos, tales como el tratamiento por explosión de vapor. La utilización del método de electrohilado para producir nanofibras ha aumentado sustancialmente en los últimos años debido a la capacidad de proporcionar nanofibras directamente a partir de una solución de polímeros.

Los estudios relacionados anteriormente se centran en la preparación, en algunas modificaciones y propiedades de nanofibras; mientras la hipótesis de este estudio es modificar químicamente las fibras de celulosa antes del aislamiento de nanofibras y evaluar un proceso para producir nanofibras catiónicas utilizando carboximetilcelulosa (CMC) que se procesa para microfibrillar la celulosa o mediante el uso de un poli electrolito catiónico. Las nanofibras de celulosa tienen una superficie grande, con muchos grupos OH, que puede aumentar su reactividad, pero la modificación química de las nanofibras es difícil y consume mucho tiempo debido a la dificultad de reducir el alto contenido de agua y la dispersión de las nanofibras en un medio no acuoso.

Entre muchos agentes de cationización, el cloruro de 3-cloro-2- hidroxipropiltrimetilamonio (CHPTAC) ha alcanzado mucho interés en la cationización de la celulosa ya que está disponible comercialmente, es menos tóxico y tiene muy buena reactividad. La celulosa químicamente cationizada se produce generalmente por la reacción de eterificación de la celulosa con los reactivos cuaternarios de amonio cationizantes, tales como cloruro de 2,3 epoxypropyltrimehtylammonium. Este compuesto se forma por lo general in situ a partir de la reacción de CHPTAC con hidróxido de sodio (Fig. 1).

Procedimientos típicos empleados en la actualidad para la obtención de la celulosa nanocristalina (NCC), consisten en varios pasos, como se muestra en el esquema de la (Fig. 2) Hay que decir que es muy limitada la disponibilidad comercial de NCC se debe principalmente al tiempo que consume el proceso de producción y al bajo rendimiento.

La producción de membranas de distintas características hace posible la comparación de desempeño para la filtración de agua, para esto se requiere establecer diferentes parámetros de para el electrohilado, esto



permitirá determinar cuáles probetas son aptas para la aplicación en desarrollo de filtros.

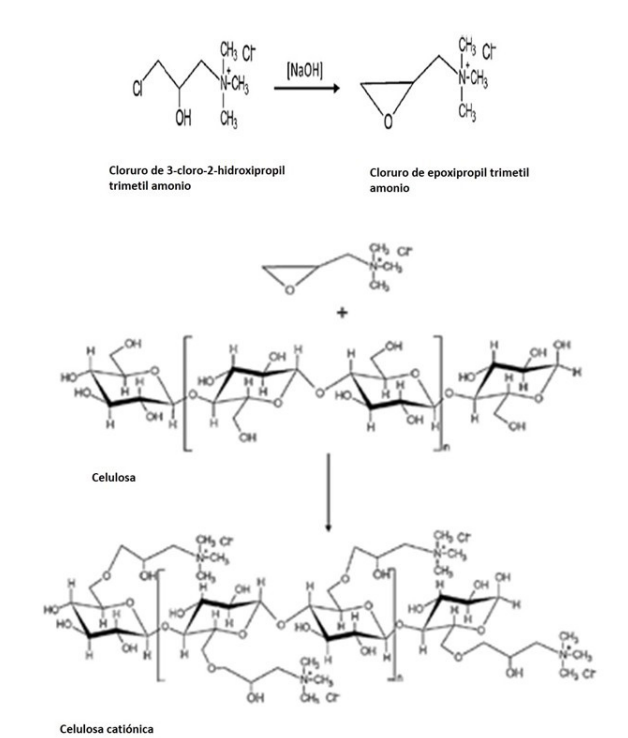


Figura 1. Reacción del CHPTAC, mostrando la cationización de las nanofibras de celulosa.

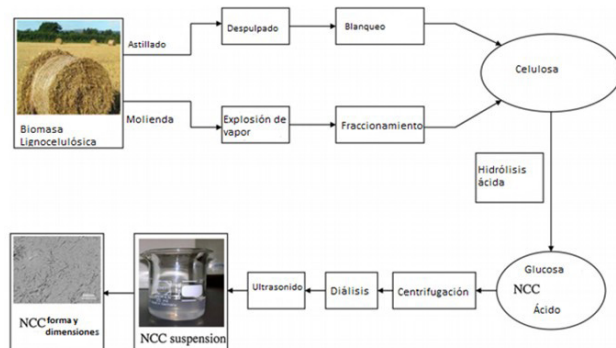


Figura 2. Esquema de los principales pasos necesarios para preparar nanocristales de celulosa (NCC), a partir de la biomasa lignocelulósica.

Conclusiones

La producción de membranas a partir de celulosa esta alcance haciendo posible realizar estudio y caracterización de probetas producidas, esto determinaran la propiedades que se deben considerar para el uso de dichas membranas en los filtros como resultado final de la invetigacion.

Referencias

- Bhattarai, N., Li, Z., Edmondson, D., & Zhang, M. (2006). Alginate-based nanofibrous scaffolds: Structural, mechanical, and biological properties. *Advanced Materials*, 18(11), 1463-1467. doi: <https://doi.org/10.1002/adma.200502537>
- Costa, L. M. M., de Olyveira, G. M., Cherian, B. M., Leão, A. L., de Souza, S. F., & Ferreira, M. (2013). Bionanocomposites from electrospun PVA/pineapple nanofibers/ Stryphnodendron adstringens bark extract for medical applications. *Industrial Crops and Products*, 41, 198-202. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.04.025>
- Sun, J. X., Sun, X. F., Zhao, H., & Sun, R. C. (2004). Isolation and characterization of cellulose from sugarcane bagasse. *Polymer Degradation and Stability*, 84(2), 331-339. doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2004.02.008>

Poli (3 – Hidroxibutirato) (P3HB): extracción, purificación y modificación

Modalidad: Póster



Resumen

El P3HB (poli 3-hidroxibutirato) es un poliéster natural de origen bacteriano de la familia de los polihidroxialcanoatos, este posee varias características interesantes como su biodegradabilidad y sus propiedades de barrera que lo posicionan como un posible sustituto a los polímeros sintéticos en la fabricación de empaques y envases. Sin embargo, es necesario disminuir su fragilidad y costo de producción para que sea competitivo en el mercado. El trabajo a continuación muestra los resultados obtenidos de la extracción, purificación y modificación del P3HB utilizando diferentes técnicas, solventes y concentraciones de poli (etilenglicol) como plastificante. Se determinó que la micro filtración y la centrifugación son esenciales para extraer un material de calidad, adicionalmente, después de una evaluación cuantitativa se concluyó que las mezclas con P3HB/PEG al 5% son las de mejor apariencia y menor rigidez.

Palabras claves: biopolímeros, extracción, mezcla polimérica, polihidroxibutirato, purificación.

Introducción

Los plásticos sintéticos son ampliamente utilizados en todo el mundo debido a su bajo costo de producción y sus buenas propiedades mecánicas. Sin embargo, su disposición representa un serio problema ambiental, debido al bajo nivel de biodegradación que genera la acumulación de millones de toneladas al año en rellenos sanitarios y cuerpos de agua alrededor del mundo. Por esta razón, en los últimos años ha crecido el interés en la síntesis de materiales que puedan sustituir a los plásticos convencionales y que adicionalmente presenten una alta biodegradabilidad y baja toxicidad, como los polihidroxialcanoatos (PHA), particularmente, el poli (3-hidroxibutirato) (P3HB). Este es un poliéster natural de origen bacteriano con características mecánicas y químicas prometedoras para la fabricación de empaques, como sus propiedades de barrera y su resistencia a la degradación

Andrés Felipe Ramos^{1,2*}
Iván Cabeza¹
Liliana Olmos³
Armando Espinosa²
Nubia Moreno - Sarmiento¹

¹ Instituto de Biotecnología (IBUN) – Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. Colombia.

² Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. Colombia.

³ Biopolímeros Industriales LTDA – Bogotá D.C., Colombia *Email: aframesfa@unal.edu.co.



hídrica. Aun así, características como su fragilidad, degradación térmica y costo de producción deben ser evaluados y optimizados para que éste pueda competir en el mercado con los plásticos sintéticos.

En el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional se han desarrollado trabajos de producción de polihidroxialcanoatos a partir de cepas aisladas de suelos colombianos, las cuales fueron evaluadas desde el punto de vista microbiológico y operacional en reactores piloto. De todas ellas, se seleccionó la cepa *Burkholderia cepacia* 2G57 que Posteriormente se modificó genéticamente para generar la cepa hiperproductora de polímero *B. cepacia* B27 (Méndez et al., 2015). Se han realizado estudios para establecer las condiciones de fermentación a una escalas de 7L, 100L y 2000L (Méndez et al., 2015). Para las fermentaciones a 7 L y 100 L se han probado diferentes técnicas de extracción y purificación del PHA y se han hecho mezclas con diferentes plastificantes para mejorar las propiedades mecánicas del polímero (Suárez et al., 2015).

En este trabajo se probaron 3 tipos de digestión química diferentes cuyo objetivo principal era extraer el polímero de la matriz celular, digestión ácida con ácido sulfúrico, digestión alcalina con hidróxido de sodio y digestión con el tenso activo SDS (Sodio Dodecilsulfato). La digestión ácida y la digestión con SDS mostraron el mejor rendimiento. Una vez hecha la digestión se deben separar la biomasa y demás residuos del proceso, para esto se han utilizado técnicas como micro filtración, centrifugación y recuperación con solventes (cloroformo y ácido acético). Aunque se han logrado avances importantes, aún no hay un protocolo establecido de extracción y purificación que permita obtener un polímero de alta calidad del fermentador de 100 L.

Una vez purificado el polímero, se hicieron varias caracterizaciones como calorimetría de barrido diferencial (DSC) y espectrometría infrarroja (FTIR), para corroborar que el polímero producido por *B. cepacia* B27 es un Poli (3-hidroxibutirato) P3HB.

Parte Experimental

Materias primas

Las pruebas descritas a continuación se realizaron con el biopolímero obtenido a partir de la fermentación realizada por la cepa *Burkholderia cepacia* B27 con aceite vegetal como fuente de carbono, en un biorreactor de 100

L con un volumen de trabajo de 70L. Para los procesos de extracción y purificación se utilizó SDS al 20% en agua y una mezcla 1:1 v/v de cloroformo e hipoclorito de sodio, ambos de grado analítico. Las mezclas con plastificante se realizaron con PEG (Poli etilenglicol) de peso molecular 400.

Micro filtración y digestión

Esta etapa se desarrolló al finalizar la fermentación con el propósito de concentrar y obtener el biopolímero en solución. La concentración de biomasa se realizó en una unidad de micro filtración, donde esta es concentrada y mezclada nuevamente con el alimento formando un sistema cerrado. El permeado se recolectó en un recipiente para su Posterior disposición. Posteriormente, el producto diluyó en agua hasta su volumen antes de filtración, se agitó para homogeneizar el concentrado y se filtró nuevamente. Se realizaron 3 lavados y se almacenó finalmente a 4°C.

Para el proceso de digestión, se evaluaron dos métodos:

Digestión con SDS: la solución de PHA se calentó hasta 80°C con agitación constante, se adicionó la solución SDS (20% p/v) utilizando 0.55mL de solución SDS por 1 g de biomasa. La reacción de digestión se llevó a cabo en 1 hora y luego se almacenó a 4°C, se descartó el sobrenadante y se centrifugó a 6000 rpm por 10 minutos realizando tres diluciones con agua [2].

Digestión cloroformo – hipoclorito de sodio (NaClO): se realizó una mezcla de NaClO (5% v/v) y cloroformo en una relación 1:1 v/v, teniendo en cuenta que por cada gramo de biomasa se adicionaron 100mL de mezcla. La mezcla de los tres componentes se mantuvo a 30°C y 220 rpm durante 1 hora. Al finalizar la reacción, se llevó a un decantador para separar las fases durante 12 horas, siendo el cloroformo – PHA la fase más densa. La fase orgánica se retiró por evaporación de cloroformo (IBUN, 2015)..

Purificación

La purificación se realizó con solventes. Para el cloroformo (grado analítico), se adicionaron 10mL por gramo de biomasa, luego se agitó a 500 rpm y 30°C por 40 minutos y finalmente se filtró al vacío y se depositó en cajas de Petri o bandejas de aluminio a temperatura ambiente hasta que se volatilizó el cloroformo. Para el ácido acético se preparó una solución de 0.05 g de biomasa/mL de ácido acético (de grado analítico) y se agitó a 500 rpm y 80°C por

1 hora; Posteriormente se filtró al vacío y se depositó en cajas de Petri, por último se secó a 80°C por tres minutos (Anbukarasu, Sauvageau & Elias, 2015).

Caracterización por análisis FTIR

A una muestra del PHA obtenido se le determina la vibración de los grupos funcionales gracias a la prueba FTIR (Espectrometría Infrarroja con Transformada de Fourier), utilizando un equipo de espectrometría infrarroja total atenuada que tenga implementado el software para generar el reporte de resultados. El equipo utilizado fue un espectrómetro Agilent CARY 630 operado en el rango de 400 a 4000 cm^{-1} .

Mezclas poliméricas P3HB/PEG400

El PEG 400 es el plastificante que se utilizó para las mezclas con el P3HB, se evaluaron dos métodos diferentes, el primero es la mezcla líquido – líquido utilizando una mezcladora de aspas a 200rpm por 15 minutos y temperatura ambiente, la mezcla luego se sirvió en bandejas y se dejó secar por 4 días a 30°C. Adicionalmente, se utilizó el método de “*solvent casting*” en el cuál se disolvió el P3HB en polvo y el PEG 400 en cloroformo a 30°C con agitación magnética a 150 rpm por 10 minutos, luego se filtró con una bomba de vacío y se secó a temperatura ambiente en cajas de Petri hasta que se evaporó todo el solvente y se formó la película polimérica.

Resultados y discusiones

Tratamiento Inicial

Tabla 1: Condiciones de las fermentaciones y sus Pósteriores tratamientos

En la (tabla 1) se pueden ver las condiciones a las que se llevaron a cabo las fermentaciones de las que se extrajo el material y los respectivos tratamientos que se realizaron después de extraer el caldo de fermentación del reactor.

Lote	Fermentación			Tratamiento		
	P (bar)	t (h)	A (rpm)	Filtración	SDS	Centrifugación
1	1,2	72	140	x	x	x
2	1,2	67	140	x	x	x
3	0,6	48	205		x	
4	0,6	24	205		x	
5	0,3	72	180		x	

En la figura 1 se puede ver cómo queda una película después de la digestión con SDS, la micro filtración, 3 lavados y secado a temperatura ambiente, polímero seco presenta una coloración marrón y adicionalmente, es bastante frágil debido a que el polímero no se encuentra puro, aún tiene presencia de biomasa.



Figura 1. Polímero seco en bandeja de aluminio.

Una vez hechos los tratamientos, se tomaron 3 muestras diferentes del lote 2, dos en lámina y una en polvo y se analizaron utilizando la técnica FTIR (Fourier transform infrared spectroscopy) obteniendo un índice de cristalinidad muy similar al de la muestra comercial ($IC_{\text{comercial}}: 0.387$, $IC_{\text{polvo}}: 0.416$), siendo 1724 cm^{-1} el ancho de banda representativo del P3HB (Bagheriasl, 2013).

Aquellos materiales que no tenían filtración ni centrifugación (Lotes 3, 4 y 5) presentaron una calidad bastante baja después del secado, no se formaban películas continuas y quedaba un polvo bastante oscuro. Esto quiere decir que los procesos de centrifugación y micro filtración son de vital importancia para obtener un material de buena calidad.

Purificación con solvente

Se muestran dos películas poliméricas, una purificada con ácido acético y otra purificada con cloroformo en la figura 2.



Figura 2. (Izq) P3HB extraído con ácido acético. (Der) P3HB extraído con cloroformo.



La purificación con cloroformo tiene un mejor rendimiento, pues del polvo que se obtiene después de los tratamientos mencionados anteriormente se logró extraer un 44% de polímero, mientras que con el ácido acético solo se pudo extraer un 29%. Sin embargo, la purificación con ácido acético muestra propiedades bastante interesantes, pues las películas obtenidas son translúcidas mientras que las obtenidas con el cloroformo son bastante opacas lo que podría significar que la cristalinidad del polímero se ve afectada por el solvente utilizado en la purificación, más cristalino para el ácido acético y más amorfo para el cloroformo.

Mezclas poliméricas

Se evaluaron 3 concentraciones de PEG 400 diferentes para la elaboración de las mezclas poliméricas, 5%, 10% y 20% en peso para obtener 1.7 g de mezcla en cada uno de los casos. A continuación se muestra en la figura 3 las películas obtenidas.



Figura 3. (Der.) P3HB/PEG 5%, (Cent.) P3HB/PEG 10%, (Izq.) P3HB/PEG 20%.

Todas las películas de las mezclas mostraron mayor flexibilidad que aquellas hechas solo con el polímero (figura 3), sin embargo, aquellas hechas utilizando solo un 5% de PEG400 fueron las mejores después de un análisis cualitativo. Las películas obtenidas con 10% y 20% de PEG400 eran más frágiles y se rompían fácilmente al sacarlas de la caja de Petri.

Conclusiones

Aunque la digestión del material con SDS funciona muy bien para extraer el material de las células, debe ir acompañada de micro filtración y/o lavados para asegurar un material de buena calidad.

El rendimiento de la purificación con cloroformo es mejor que el de la purificación con ácido acético, sin embargo, la purificación con ácido acético le da una propiedad muy interesante al material y es su translucidez la cual le puede otorgar un valor agregado.

Las mezclas P3HB/PEG400 al 5% son las que después de un análisis cualitativo mostraron la mejor apariencia y propiedades mecánicas, sin embargo, no le dan la calidad suficiente al material para que se pueda comercializar.

Referencias

- Anbukarasu, P., Sauvageau, D., & Elias, A. (2015). Tuning the properties of polyhydroxybutyrate films using acetic acid via solvent casting. *Scientific Reports*, 5(1). <http://dx.doi.org/10.1038/srep17884>
- Bagheriasl, S. (2013). Development and characterisation of polyhydroxybutyrate from selected bacterial species (Doctoral dissertation, University of Birmingham).
- IBUN, 2015. Uso de plásticos verdes (polihidroxicanoatos) para la fabricación rentable de empaques completamente biodegradables requeridos en la Industria. Bogotá D.C.
- Méndez et al., (2015). Modeling of Polyhydroxyalkanoates production considering efficiency on Metabolic Processes depending on substrates availability. Roma.
- Suárez et al., (2015). Evaluación del agente detergente dodecil-sulfato sódico (SDS) para la recuperación de biopolímeros tipo PHAs. Bogotá.

Análisis térmico y reométrico del almidón Termoplástico a base de papa y achira

Modalidad: Póster

Resumen

En este trabajo se presenta la evaluación de algunas propiedades físicas para almidones de papa y achira con glicerol y sorbitol como agentes plastificantes, empleando diferentes concentraciones para el proceso de extrusión doble husillo. Para el estudio se utilizaron técnicas de caracterización como: calorimetría diferencial de barrido, análisis termogravimétrico y análisis reométrico de torque, con el fin de encontrar las mejores propiedades para la elaboración de películas plásticas con propiedades térmicas y reométricas controladas. Los resultados obtenidos en el reómetro de torque mostraron que los almidones mezclados con glicerol, mantienen un comportamiento característico de un material termoplástico estable, mientras que las mezclas de almidón con sorbitol presentaron variación asociadas a ruido en las curvas de torque. Por otro lado, el análisis térmico permitió seleccionar las composiciones más estables considerando la temperatura de degradación frente a la pérdida en peso y disminución de cristalinidad de acuerdo con la entalpía de gelatinización.

Palabras claves: *Plastificantes, Reometrías de torque, análisis térmico, almidón termoplástico.*

Introducción

En los últimos años, los polímeros biodegradables han surgido como una gran alternativa al uso de materiales derivados del petróleo (Akrami, Ghasemi, Azizi, Karrabi, & Seyedabadi, 2016). El gobierno Colombiano a través del ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo sostenible emitió la Resolución 0668 del 28 de abril de 2016 que promueve la cultura del no uso de bolsas de tamaño reducido, es pertinente la búsqueda de materiales biodegradables como alternativas a los materiales plásticos convencionales, específicamente en la elaboración de empaques de corta duración. Actualmente existen materiales biopoliméricos obtenidos a partir de almidones, con propiedades idóneas para ser transformados por procesos convencionales lo cual genera ventajas para la sustitución de polímeros

Omar Hernán Ossa¹
Carolina Caicedo^{1*}
Lina Marcela Crespo¹
Hevert de la Cruz¹
Héctor González¹
Andres Mosquera¹

¹ Grupo de investigación en desarrollo de materiales y productos, Centro de Asistencia Técnica a la Industria - ASTIN, SENA. Complejo Salomia, Calle 52 N° 2 Bis - 15, Cali, Colombia. *Correo: ccaicedo60@misena.edu.co; omar.ossa@sena.edu.co



sintéticos debido a su bajo costo y disponibilidad (Mendes, et al, 2016), pero estos productos aun presentan deficiencias en su desempeño como producto final, específicamente en ambientes con alta humedad. La obtención del material, requiere un extrusor de doble husillo para su modificación y por lo tanto obtención de almidones termoplásticos los cuales se consideran como biopolímeros (Quiao, 2012).

Parte Experimental

Materiales

Almidón de papa y achira, proveniente de una industria alimenticia de una fuente local. Glicerina y Sorbitol CAS grado analítico MH laboratorios.

De acuerdo con modelo experimental de mezclas de dos componentes y dos variables de proceso se efectuaron mezclas entre 60% y 70% de almidones y entre 30 y 40% de plastificantes, como se puede observar en la tabla 1.

Nombre	Tipo de Almidón	Almidón fracción	Almidón (g)	Tipo Plastificante	Plastificante fracción	Plastificante (g)
Mezcla 1	PAPA	0,700	52,03	SORBITOL	0,300	22,30
Mezcla 2	PAPA	0,65	48,31	GLICEROL	0,350	26,02
Mezcla 3	ACHIRA	0,625	46,46	GLICEROL	0,375	27,87
Mezcla 4	PAPA	0,6	44,60	GLICEROL	0,400	29,73
Mezcla 5	ACHIRA	0,625	46,46	SORBITOL	0,375	27,87
Mezcla 6	PAPA	0,625	46,46	SORBITOL	0,375	27,87
Mezcla 7	ACHIRA	0,65	48,31	SORBITOL	0,350	26,02
Mezcla 8	ACHIRA	0,675	50,17	SORBITOL	0,325	24,16
Mezcla 9	PAPA	0,6	44,60	SORBITOL	0,400	29,73
Mezcla 10	PAPA	0,625	46,46	GLICEROL	0,375	27,87
Mezcla 11	ACHIRA	0,7	52,03	GLICEROL	0,300	22,30
Mezcla 12	ACHIRA	0,6	44,60	SORBITOL	0,400	29,73
Mezcla 13	PAPA	0,7	52,03	GLICEROL	0,300	22,30
Mezcla 14	ACHIRA	0,65	48,31	GLICEROL	0,350	26,02
Mezcla 15	ACHIRA	0,675	50,17	GLICEROL	0,325	24,16
Mezcla 16	ACHIRA	0,7	52,03	SORBITOL	0,300	22,30
Mezcla 17	PAPA	0,675	50,17	SORBITOL	0,325	24,16
Mezcla 18	PAPA	0,675	50,17	GLICEROL	0,325	24,16
Mezcla 19	PAPA	0,65	48,31	SORBITOL	0,350	26,02
Mezcla 20	ACHIRA	0,6	44,60	GLICEROL	0,400	29,73

Caracterización

Análisis Termogravimétrico y Calorimetría Diferencial de Barrido: Este análisis se realizó en un equipo METTLER TOLEDO TGA/DSC 1, modelo STAR System. En presencia de una atmosfera de nitrógeno para un rango de temperatura desde la temperatura ambiente hasta 300 °C, con una velocidad de calentamiento de 10 °C/min.

Análisis por Reometría de Torque: Este proceso se realizó en un equipo Polyab OS 7 kW con módulo Haake Rheomix 600 OS, de la marca Thermo Scientific con los siguientes parámetros de trabajo: Rotores Roller, Volumen de llenado 70% de la cámara de 120 cm³. Temperatura de trabajo 130 °C, velocidad de rotación 100 rpm y tiempo de ensayo 10 minutos.

Resultados

Análisis reométrico: Las mezclas con contenido $\geq 35\%$ de sorbitol presentaron incremento irregular de presión y efecto de espumado de forma temporal, se observó separación de los componentes al finalizar el proceso de mezcla en el reómetro. Las Figuras 1A y 1B muestran curvas de Torque (Nm) vs Tiempo (min) del proceso de mezclado efectuado en el Reómetro para las mezclas de los diferentes almidones con sorbitol donde muestran incremento de irregularidad con un torque ruidoso y muy alto, evidenciando baja interacción entre el plastificante con los almidones bajo las condiciones establecidas y dificultad en la minimización del tamaño de partícula. Este fenómeno no ocurre en las muestras procesadas con glicerol, Figuras 1C y 1D.

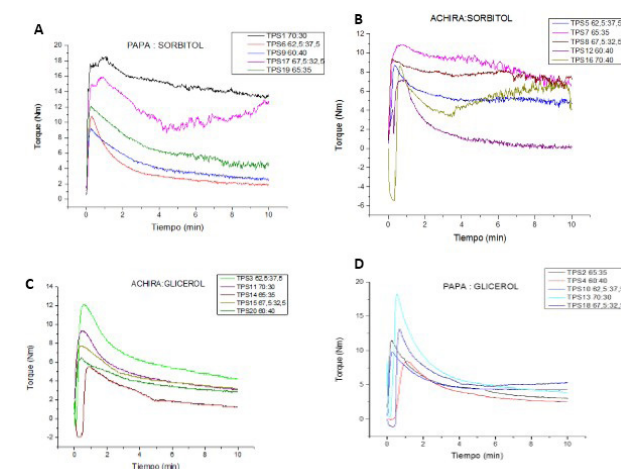


Figura 1. Reograma de las mezclas de almidones y plastificantes: A) Papa-Sorbitol; B) Achira Sorbitol. C) Achira glicerol. D) Papa Glicerol

En general, se puede observar que a medida que incrementa el porcentaje de plastificante el valor de torque disminuye. Asimismo, estos valores de energía requerida para el proceso en muestras de almidón de Papa superaron en promedio el 100% el consumo respecto a las muestras de almidón de achira, siendo el consumo energético directamente proporcional a los valores de torque.

Análisis Térmico: Los resultados obtenidos del análisis térmico se presentan en las Tablas 2 y 3 de los diferentes grupos de muestras almidón:plastificante. Los valores correspondientes a la degradación térmica (T_{max}) del material oscilaron entre 270,9 y 252,4 °C. No obstante, es importante mencionar que la pérdida de masa a la temperatura máxima de degradación antes reportada no favoreció las muestras con mayor cantidad de glicerol en almidón de papa y achira indicadas (*) en

las tablas. Las temperaturas de gelatinización (T_{pg}) se mantuvieron alrededor de 60 °C, mientras que las entalpías (ΔH_g) variaron significativamente entre 4,4 J/g y 19,2 J/g, debido a la interacción que logra el plastificante en el desarrollo de la mezcla. Lo anterior, se puede explicar con el logro alcanzado al destruir la cristalinidad de los sólidos granulares del almidón (Pineda-Gómez, Coral, Arciniegas, Rorales-Rivera & Rodríguez García, 2010); de esta forma las estructuras amorfas presentan menor energías y esto es un buen criterio de selección por que se asocia con la fluencia que deberá presentar el producto termoplástico en la transformación.

Tabla 2. Resultados obtenidos en el TGA y DSC para muestras almidón:glicerol.

MUESTRAS Almidón:Glicerol	$T_{máx}$ (°C)	Pérdida de masa a $T_{máx}$ (%)	T_{pg} (°C)	ΔH (J/g)
Fuente: Papa				
TPS 4 (60:40)	263,6	36,3*	59,5	10,3
TPS 10 (62,5:37,5)	264,3	29,8*	58,4	15
TPS 2 (65:35)	259,2	19,1	56,8	8,2
TPS 18 (67,5:32,5)	259,8	19,2	56,2	19,2
TPS 13 (70:30)	261,1	20,2	59,5	10,5
Fuente: Achira				
TPS 15 (60:40)	263,8	30,4*	61,5	11,8
TPS 3 (62,5:37,5)	265,7	27,3*	65,2	12,4
TPS 14 (65:35)	270,9	29,3*	56,8	14,2
TPS 20 (67,5:32,5)	267,6	30,9*	59,6	17,6
TPS 11 (70:30)	269,3	10,6	63,2	4,4

Tabla 3. Resultados obtenidos en el TGA y DSC para muestras almidón:sorbitol.

MUESTRAS Almidón:Sorbitol	$T_{máx}$ (°C)	Pérdida de masa a $T_{máx}$ (%)	T_{pg}	ΔH (J/g)
Fuente: Papa				
TPS 9 (60:40)	255,6	8,0		12,3
TPS 6 (62,5:37,5)	252,4	8,6		6,7
TPS 19 (65:35)	256,1	8,7		11,3
TPS 17 (67,5:32,5)	263,6	6,9		8,9
TPS 1 (70:30)	256,7	21,8*		13,0
Fuente: Achira				
TPS 12 (60:40)	256,6	5,0		7,1
TPS 5 (62,5:37,5)	268,6	14,3		16,2
TPS 7 (65:35)	268,3	9,1		12,6
TPS 8 (67,5:32,5)	268,2	10,1		8,6
TPS 16 (70:30)	261,3	13,7		6,6

Conclusiones

Los resultados térmicos mostraron ser contundentes para la selección de componentes en el desarrollo de almidón termoplástico, las mezclas almidón:glicerol TPS 2 (65:35) y TPS 11 (70:30); así como, almidón:sorbitol TPS 6 (62,5:37,5), TPS 8 (67,5:32,5), TPS 12 (60:40), TPS 16 (70:30) y TPS 17 (67,5:32,5), evidencian un comportamiento estable y funcional debido a los valores mínimos reflejados en pérdida de masa en la degradación y entalpías en el rango de gelatinización, respectivamente. Por otro lado, al evaluar el comportamiento reométrico de estas muestras se decide eliminar las composiciones TPS 8, TPS 11, TPS 12 y TPS 16 por altos valores en el torque, ruido e irregulares debido a heterogeneidad en la muestra. Se propone realizar análisis mecánicos a las muestras TPS 2, TPS 6 y TPS 17. Finalmente, es necesario realizar proceso de extrusión reactiva para modificar almidón por condensación con ácidos alifáticos que co-ayuden a minimizar interacción con humedad.

Agradecimiento

Este trabajo fue desarrollado gracias al apoyo del Centro Astin, SENA y grupo de investigación en desarrollo de materiales y productos (GIDEMP), así como al departamento de Biotecnología del Tecnoparque Nodo Cali.

Referencias

- Akrami, M., Ghasemi, I., Azizi, H., Karrabi, M., & Seyedabadi, M. (2016). A new approach in compatibilization of the poly (lactic acid)/thermoplastic starch (PLA/TPS) blends. *Carbohydrate polymers*, 144, 254-262.
- Mendes, J. F., Paschoalin, R. T., Carmona, V. B., Neto, A. R. S., Marques, A. C. P., Marconcini, J. M., ... & Oliveira, J. E. (2016). Biodegradable polymer blends based on corn starch and thermoplastic chitosan processed by extrusion. *Carbohydrate polymers*, 137, 452-458.
- Qiao, D., Zou, W., Liu, X., Yu, L., Chen, L., Liu, H., & Zhang, N. (2012). Starch modification using a twin-roll mixer as a reactor. *Starch-Stärke*, 64(10), 821-825.



Pineda-Gómez, P., Coral, D. F., Arciniegas, M. L.,
Rorales-Rivera, A., & Rodríguez García, M.
E. (2010). Papel del agua en la gelatinización

del almidón de maíz: estudio por
calorimetría diferencial de barrido. *Ingeniería
y ciencia*, 6(11).

Caracterización de materias primas de la cadena de suministro de plásticos reciclados

Nadja Marcela Gomez Revelo^{1,2}
 Carlos Mario Gomez Acosta¹
 Fernando Luna Vera²

¹ Layco S.A.S, Diagonal 21 No TV 30-91, Cali, Colombia.

² Grupo de Investigación en desarrollo tecnológico e innovación industrial, Balabs S.A.S, Cali Colombia, director@balabs.co.

Modalidad: Póster

Resumen

Se desarrolló una base de datos a partir de la caracterización de 51 productos plásticos reciclados que componen lotes de materias primas para la fabricación de perfiles plásticos extruidos. La caracterización de cada material plástico se llevó a cabo por medio de espectroscopía Raman y se identificó el tipo de polímero presente en la muestra por medio de la base de datos HR-FT-Raman Polymer Library, restringiendo el número de componentes a dos, las cuales permitieran obtener coincidencias superiores al 80% con el espectro original. La mayoría de los materiales estudiados fueron empaques plásticos post-industriales cuyos componentes primarios resultaron ser 60,78 % polietileno, 25,49 % polipropileno y polietilentereftalato con un 5,88 %. También se encontraron componentes secundarios como poli-isobutil metacrilato y copolímero de etileno/propileno el cual se encontró en proporciones de hasta el 25% en determinados empaques. La base de datos desarrollada puede ser usada como herramienta para separar empaques que contienen resinas de la misma clase, con lo cual se espera mejorar la calidad del producto ya que entre menor sea la mezcla de polímeros incompatibles, implica mejores propiedades mecánicas del producto final.

Palabras claves: reciclaje secundario, extrusión, raman, residuos post-industriales, madera plástica

Introducción

El reciclaje secundario es usado como alternativa a la gestión de residuos plásticos de origen postindustrial y postconsumo. Este tipo de reciclaje usa desechos plásticos para la fabricación de nuevos productos, usualmente conformados por extrusión e inyección. Por ejemplo, listones y perfiles plásticos obtenidos por intrusión en moldes, los cuales pueden ser configurados en multitud de productos como pisos, pérgolas, juegos infantiles etc. A pesar de que este tipo de reciclaje permite usar



mezclas de polímeros para ser procesados, es claro que la calidad de los productos plásticos reciclados está en parte determinada por la pureza de la materia prima que se usa para su fabricación. Por ejemplo, cuando se usan mezclas de polímeros no se puede garantizar la plastificación de todos los componentes en un único y estandarizado rango de temperaturas. Esto hace que con frecuencia aumente el uso de energía para lograr las temperaturas que pongan a la masa de trabajo en un correcto estado de fluidez. Así mismo, durante el enfriamiento, el comportamiento de una mezcla de polímeros tiende a ser heterogéneo presentándose por ejemplo cristalización de ciertos polímeros dentro de fases de otros que aún permanecen en estado fluido. Por lo tanto, es importante poder lograr una separación eficiente de las materias primas usadas para la fabricación de productos plásticos reciclados, de forma que se pueda garantizar que en las mezclas de trabajo se obtiene una misma familia de polímeros, aunque provenientes de diversas fuentes, como empaques y películas flexibles. En este trabajo se describe el proceso de generación de una base de datos que reúne los resultados de caracterizar parte del efluente de residuos plásticos post-industriales que se usan como materia prima para procesos de transformación en una empresa dedicada a la fabricación de productos como estibas plásticas para piso, rack, extrafuertes, entre otros. La base de datos pretende ser una herramienta para la eficiente selección de materiales poliméricos de la misma clase, antes del proceso de aglutinación, el cual alimenta directamente los procesos de conformación de productos plásticos. (Vilaplana & Karlsson, 2008)

Parte Experimental

Muestreo de Materiales

Se tomaron muestras de empaques y películas usados para el proceso de aglutinado directamente de la zona de descarga de material. Se realizó un muestreo durante 5 días y durante los turnos de mañana y tarde hasta completar un total de 51 muestras.

Análisis por medio de espectroscopía raman

Cada muestra fue cortada en el tamaño adecuado para ser analizada por medio de espectroscopía raman (Thermo Scientific DRX), usando un láser 700 nm y tiempo de muestreo de 20 segundos. Cada uno de los espectros producidos fueron cotejados con la base de datos HR-

FT raman Polymer library con el objeto de identificar los componentes de cada espectro. Se uso como criterio de selección de componentes que la suma de éstos explicara al menos el 80% del espectro original y que el número de componentes no fuera superior a 3.

Configuración de la base de datos

Con los espectros colectados, el estimado de composición y registro fotográfico de cada muestra, se construyó una base de datos en el software Excel™, sobre la cual se puede tener acceso a toda la información de cada una de las 51 muestras colectadas.

Resultados y discusiones

Los resultados obtenidos de registro gráfico de cada muestra, espectro raman y estimado de la composición permitieron obtener la base de datos desde la cual el encargado del proceso de aglutinación puede tomar la decisión sobre cuáles materiales en existencia en la bodega de almacenaje de materias primas, pueden mezclarse entre sí para evitar la mezcla entre polímeros incompatibles tales como PE y PP. La Figura 1 muestra la interfase gráfica de la base de datos. Se aprecia que un hipervínculo en el nombre de la muestra arroja una fotografía del mismo, de esta forma un operario por ejemplo, puede identificar claramente el empaque. En la misma fila de cada muestra se encuentra el valor de % de coincidencia del espectro y los materiales con mayor probabilidad de componer mayoritariamente la muestra. En el extremo derecho se puede acceder directamente a un registro correspondiente al espectro raman de la muestra.

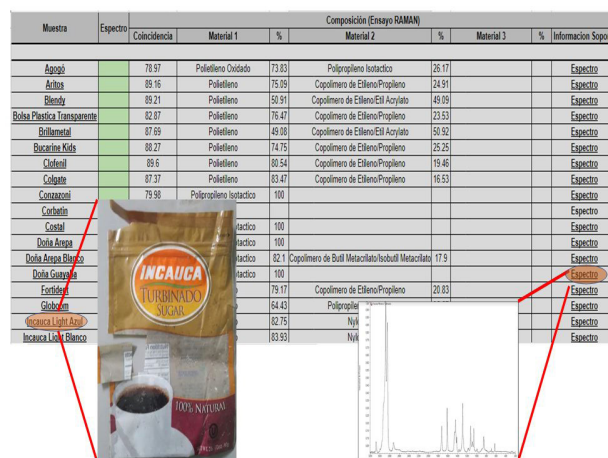


Figura 1. Interfase gráfica de base de datos desarrollada.

Esta metodología de caracterización permitió tener una aproximación al tipo de resinas que llegan como materias primas al proceso de conformación de listones de madera

Plástica. Los resultados mostraron que los componentes primarios en todos los empaques estudiados, corresponden principalmente a polietileno (PE) y polipropileno (PP) con pequeños porcentajes de PET, como se muestra en la Figura 2.

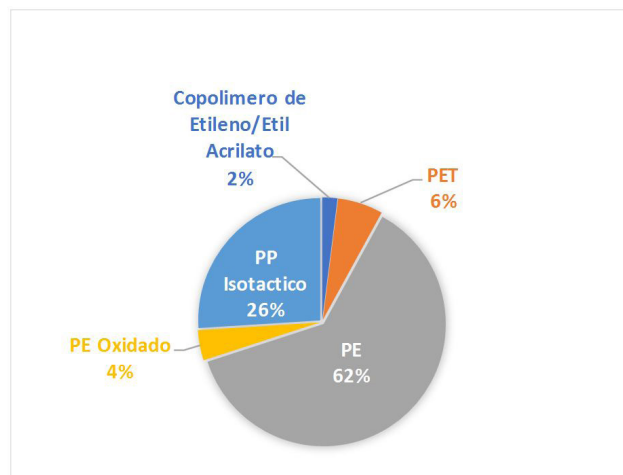


Figura 2. Composición porcentual de polímeros presentes en empaques usados como materias primas en proceso de aglutinado.

También se encontró que existen componentes secundarios los cuales están asociados con aditivos usados como compatibilizantes entre polímeros, por ejemplo, el copolímero etileno/propileno que representa el 30% de esta fracción secundaria, copolímeros de alcohol vinílico/butiral, y butil metacrilato/ isobutil metacrilato quienes en conjunto representan el 20% de la misma fracción secundaria.

Conclusiones

Se desarrolló una base de datos que sirve como herramienta de decisión para la planta de producción de esta empresa, por medio de la cual en el proceso de aglutinado se pueden tomar decisiones informadas acerca de cuáles empaques mezclar, de forma que combine aquellos que pertenecen exclusivamente a una única familia de polímeros. El análisis de la composición del flujo de materiales que llega comomateria prima al proceso de reciclado permitió esclarecer que la gran mayoría (62%) corresponde con polietilenos y polipropilenos (26%).

Agradecimientos

Agradecemos a la red Tecnoparque nodo Cali y al SENA por la colaboración y apoyo.

Referencias.

- Vilaplana, F., & Karlsson, S. (2008). Macromol. Mater. Eng. 4/2008. Macromolecular Materials And Engineering, 293(4), 249-249. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/mame.200890006>



Conservación de uchuva (PHYSALIS PERUVIANA) mediante la aplicación de un recubrimiento a base de Quistosano y Aloe Vera, utilizando el métodos de aspersión

Ana Muñoz¹
Angie Barbosa²
Daniela Bustos³
Yenifer Ramirez⁴
Yesenia Vásquez⁵
Jaqueline García⁶
Marcelo guancha⁷
Kamel Hernández⁸
Kevin Buchelli⁹
Flor Navia¹⁰
Yenifer Narvaez¹¹

¹ Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), Centro de Asistencia Técnica a la Industria (ASTIN), Complejo Salomia, Calle 52 N° 2 Bis - 15 Salomia, Cali, Colombia. Correo: jrgarcia75@misena.edu.co

Modalidad: Video

Resumen

El fin principal de esta investigación fue determinar la vida útil de la uchuva por efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de quitosano y aloe vera utilizando el método de aspersión. Se empleó la Norma Técnica Colombiana (NTC 4580) como base para comparar las características físicas de las uchucas, teniendo como indicadores de deterioro: la pérdida de peso, carotenoides totales e índice de color. Las condiciones de almacenamiento bajo las cuales se mantuvieron las muestras evaluadas fueron dos: bajo refrigeración (4°C) y a temperatura ambiente de la ciudad de Cali (28°C), durante un periodo de 21 y 6 días, respectivamente. La evaluación se realizó mediante cuatro muestreos para cada temperatura y los resultados obtenidos se usaron para definir la cinética de deterioro. Otras variables evaluadas como pH, acidez e índice de madurez no mostraron variaciones significativas a un nivel de significancia $p < 0,05$. Finalmente, el modelamiento cinético para la pérdida de peso presentó un incremento de 1 día para las muestras almacenadas a temperatura ambiente y de 2 días para las muestras refrigeradas a 4°C.

Palabras claves: Recubrimiento; vida útil; uchuva; aloe vera; quitosano.

Introducción

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es una fruta tropical nativa de la región andina, se caracteriza porque sus frutos están envueltos por un cáliz o capacho (Caballero, Ortiz, Maldonado, & Rivera, 2011), Es una de las frutas exóticas más prometedoras debido a su composición nutricional; esta se exporta en fresco a Europa con el cáliz debido a que este incrementa su vida útil (Carvalho, Villaño, Moreno,

Serrano & Valero, 2015), sin embargo, el cáliz dificulta su transporte, manipulación, conteo y exhibición (Balaguera-Lopez, Martínez & Herrera-Arévalo, 2014). En Colombia y EE.UU se comercializa el fruto sin el cáliz lo que genera una disminución del periodo de vida útil debido a que se acelera el proceso de maduración, la producción de etileno, pérdida de peso y se incrementa el índice de madurez (Balaguera-Lopez, Martínez & Herrera-Arévalo, 2014). Se hace necesario buscar alternativas que permitan reducir los procesos de degradación para incrementar la vida útil y favorecer la comercialización; una de ellas es la aplicación de recubrimientos sobre la superficie de las frutas, los cuales proporcionan una barrera que permite disminuir la velocidad de intercambio de oxígeno, dióxido de carbono y agua, así como la protección contra agentes microbianos (Andrade, Skurtys & Osorio, 2012).

En este trabajo se usó el quitosano como alternativa para obtener recubrimientos debido a sus propiedades antifúngicas y antimicrobianas, su característica de ser comestible y su perfil no tóxico. Los recubrimientos de quitosano tienen una permeabilidad selectiva a los gases (CO_2 y O_2) y una alta permeabilidad al vapor de agua, lo que limita su uso en alimentos con alto contenido de humedad (Elsabee & Abdou, 2013). Para mejorar las propiedades de barrera de recubrimientos a base de quitosano, generalmente se utiliza en mezcla con otros hidrocoloides como los constituyentes del gel de *Áloe vera* (Sepulcre, Benítez, Achaerandio & Pujol, 2015).

El desempeño del recubrimiento depende de su espesor y homogeneidad, razón por la cual el método de aspersión es la técnica más adecuada, ya que permite una distribución uniforme de la solución sobre la superficie del alimento y un control del espesor (Andrade, Skurtys & Osorio, 2012).

Es así como en este trabajo se evaluó el efecto del uso de recubrimiento de quitosano y *Áloe vera* como se observa en la Figura 1 aplicado por el método de aspersión, sobre el cambio de color, carotenoides totales, pH, acidez total, contenido de sólidos solubles y pérdida de peso en uchuva durante el almacenamiento a temperatura ambiente ($\text{TA} \sim 28^\circ\text{C}$) y en refrigeración (4°C).

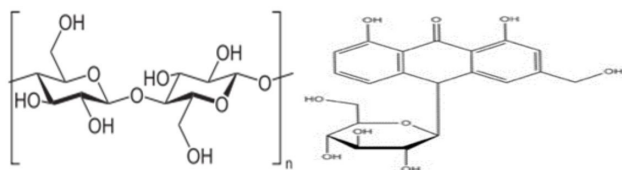


Figura 1. Estructura quitosano (derecha) y *Áloe vera* (izquierda)

Parte Experimental

Se utilizó quitosano comercial, gel mucilaginoso extraído la penca de sábila (*Aloe barbadensis miller*) adquiridos en un supermercado, las cuales se lavaron y desinfectaron con hipoclorito de sodio (100 mg/L) y se estabilizó. Se utilizó glicerol como plastificante y vinagre grado alimenticio. La uchuva (*Physalis peruviana* L.) evaluada presentó diámetro aproximado de 2,5 cm (con peso entre 4 a 5 g) obtenida de una finca del municipio de Silvia (Cauca), estas se desinfectaron con hipoclorito de sodio (100 mg/L) y se lavaron con agua destilada, procediendo a su secado a TA y se almacenaron a 4°C y TA de Cali.

Para cada ensayo se seleccionaron lotes de 400 uchuvas. A 200 unidades se les aplicó el recubrimiento con un aerógrafo metálico previamente esterilizado acoplado a un compresor de aire, el tamaño de la boquilla fue de 0,5mm, y se mantuvo una distancia aproximada de 40 cm entre la boquilla y el producto, quedando las restantes (200 unidades como control – sin recubrimiento). Las muestras se almacenaron en bandejas, cada una con 25 unidades. Se llevaron a refrigeración y se mantuvieron almacenadas durante 21 días a 4°C , la misma cantidad (CR y SR) se dejó almacenada a 28°C (temperatura promedio de la ciudad de Cali) durante 8 días. Los parámetros fisicoquímicos se determinaron cada 7 días para las muestras refrigeradas, cada 2 días para las muestras almacenadas a temperatura ambiente. La pérdida de peso se realizó mediante el uso de una balanza analítica, el contenido de carotenoides con un espectrofotómetro UV-vis, para los parámetros de color un colorímetro Minolta CR-400, los sólidos solubles con un refractómetro digital Atago PR-101 y el pH con un pH-metro de mesa.

Resultados y discusiones

Dentro de los resultados más relevante se encontró que el pH, %Acidez, $^\circ\text{Brix}$ e IM no se mostraron diferencias significativas a ($P < 0,05$) durante el almacenamiento y no se observaron diferencias entre los tratamientos (CR y SR). Es decir que el recubrimiento no es un factor que influye sobre el pH, acidez, $^\circ\text{Brix}$ e IM.

El modelamiento cinético se realizó con el porcentaje de pérdida de peso, carotenoides totales e índice de color (IC). Para determinar el modelo cinético de cada uno de los parámetros de estudio, se evaluaron modelos de cero, primero y segundo orden. Con respecto al porcentaje de



pérdida de peso no se observaron cambios a un nivel de significancia de $p < 0,05$ durante el almacenamiento CR y SR a las dos temperaturas de estudio. Sin embargo, los resultados revelan velocidades superiores de pérdida de peso para las muestras sin recubrimiento. En la Figura 2 se muestran los resultados del modelamiento cinético de orden cero es el que mejor se ajusta a los datos debido a que presenta los coeficientes de regresión más altos ($R^2 > 0,90$), es decir que presenta una velocidad de pérdida de peso constante.

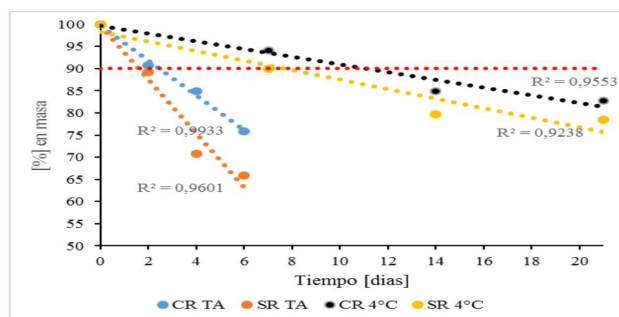


Figura 2. Variación de pérdida de peso en el tiempo para uchuva

De acuerdo con lo reportado por Pinzón y colaboradores cuando las muestras superan pérdidas mayores o iguales al 10% del peso desaparece la frescura de frutas y verduras (Pinzón, Reyes, Álvarez-herrera, Leguizamo & Joya, 2015). En la Figura 1 el almacenamiento a 4°C favoreció el incremento de la vida útil de las uchuvas ya que el rango aceptable se mantiene por mayor tiempo en comparación con las muestras almacenadas a TA. Además, es evidente el efecto del recubrimiento dado que el rango aceptable se incrementa para las dos temperaturas de estudio. En la Tabla 1 se muestran los resultados de los parámetros del modelamiento cinético para el factor de pérdida de peso.

Tabla 1. Resultados modelamiento cinético de pérdida de peso

Tratamiento		R ²	K	Tiempo [días]
TA	CR	0,993	-3,910	2,6
	SR	0,960	-6,049	1,7
4°C	CR	0,955	-0,871	11,5
	SR	0,924	-1,071	9,3

De la misma manera en las tablas 2 y 3 se observan los resultados obtenidos para los parámetros de Contenido de carotenoides e Índice de Color.

Tabla 2. Parámetros modelamiento cinético carotenoides totales

Tratamiento		R ²	K	Tiempo [días]
TA	CR	1,0000	26,74	1,30
	SR	1,0000	34,63	1,00
4°C	CR	0,9998	1,28	27,19
	SR	0,8238	2,48	13,97

Tabla 3. Parámetros modelamiento cinético IC

Tratamiento		R ²	K	Tiempo [días]
TA	CR	0,9783	3,227	4,03
	SR	1,0000	6,419	2,03
4°C	CR	0,9998	0,715	18,19
	SR	0,8238	4,293	3,03

Conclusiones

La aplicación de recubrimiento a base de quitosano y áloe vera en uchuva en las condiciones de este trabajo, permite incrementar la conservación de carotenoides totales, el IC y reduce la velocidad de pérdida de peso, estos parámetros se pueden modelar a través de una cinética de orden cero.

Dentro de las variables críticas para determinar el tiempo de vida útil en uchuva se encuentra la pérdida de peso ya que de acuerdo con los resultados de este trabajo se observa que una pérdida del 10% en peso indica no aceptabilidad del producto, aunque las variables como carotenoides totales e índice de color se mantengan en los rangos establecidos.

Las propiedades de PH, °Brix, acidez, IM evaluadas no muestran diferencias significativas entre los frutos con y sin recubrimiento, por tanto no se recomienda usarlas para evaluar la incidencia del recubrimiento en frutos como la uchuva.

Los resultados del modelamiento cinético no son concluyentes por lo que se recomienda para Posteriores investigaciones incrementar el número de mediciones y garantizar mayor homogeneidad de las muestras a evaluar.

Agradecimientos

Este trabajo se desarrolló gracias al apoyo del Centro Astin-SENA, al Grupo de Investigación en Desarrollo de Materiales y Productos (GIDEMP) especialmente a

Carolina Caicedo y al Laboratorio de Frutas y Hortalizas de la facultad de Ingeniería y Administración de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira por facilitarnos la realización de los ensayos colorimétricos.

Referencias

- Andrade, R. D., Skurtys, O., & Osorio, F. A. (2012). Atomizing Spray Systems for Application of Edible Coatings. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11, 323–337. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00186.x>
- Balaguera-López, H. E., Martínez, C. A., & Herrera-Arévalo, A. (2014). Papel del cáliz en el comportamiento poscosecha de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) ecotipo Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2), 181–191. doi: <https://doi.org/10.17584/rcch.2014v8i2.3212>
- Caballero P, L.A., Ortiz G, L., Maldonado O, Y. & Rivera, M.E. (2011). Valoración de las características físicas de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) comercializada en el municipio de Pamplona. *Alimentech Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 9(1), 49–55.
- Carvalho, C. P., Villaño, D., Moreno, D., Serrano, M., & Valero, D. (2015). Alginate Edible Coating and Cold Storage for Improving the Physicochemical Quality of Cape Gooseberry (*Physalis Peruviana* L.). *Journal of Food Science and Nutrition*, 1(1), 7.
- Elsabee, M. Z., & Abdou, E. S. (2013). Chitosan based edible films and coatings : A review. *Materials Science & Engineering C*, 33(4), 1819–1841. doi: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2013.01.010>
- Pinzón, E. H., Reyes, A. J., Álvarez-herrera, J. G., Leguizamo, M. F., & Joya, J. G. (2015). Comportamiento del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L), bajo diferentes temperaturas de almacenamiento. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 32(2), 26–35.
- Sepulcre, F., Benítez, S., Achaerandio, I., & Pujol, M. (2015). LWT - Food Science and Technology Aloe vera as an alternative to traditional edible coatings used in fresh-cut fruits : A case of study with kiwifruit slices. *LWT - Food Science and Technology*, 61, 184–193. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.036>



Normativa para materiales compostables según los estándares Internacionales

Modalidad: Comunicación Oral

Para ponernos en contexto, se recordarán algunas definiciones:

Biodegradación: Descomposición causada por una actividad biológica, bajo condiciones ambientales específicas y que causa un cambio significativo de la estructura química de un material y dando como resultado la producción de biomasa, dióxido de carbono y agua entre otros.

Plástico biodegradable: Un plástico degradable bajo condiciones ambientales específicas, en las cuales la degradación resulta de la acción de micro-organismos que ocurren naturalmente, tales como bacterias, hongos, y algas. (ASTM D6400-12).

El concepto de biodegradabilidad, en términos prácticos, es muy general. Si bien un material puede ser biodegradado, las condiciones físicas y ambientales idóneas no se dan necesariamente en un período de tiempo igual, aceptable y útil. Es decir que la conversión en sus elementos básicos idóneamente debe ocurrir en un período de tiempo que minimice su impacto en el ambiente y bajo condiciones controladas. A esto se le llama compostabilidad.

Plásticos oxo-degradables: Esta es una clase de plásticos que contienen aditivos degradantes, por la acción de la temperatura, la luz y/o esfuerzos mecánicos. Estos aditivos se basan en catalizadores químicos que contienen metales de transición tales como cobalto, manganeso, hierro, etc., o materiales orgánicos, que pueden causar fragmentación como resultado de una oxidación química de las cadenas poliméricas de los polímeros desencadenada por irradiación ultravioleta o exposición al calor.

Plástico biobasado: El término “biobasado” significa que el material o producto es (en parte) derivado de la biomasa (plantas). La biomasa utilizada para los bioplásticos proviene del maíz, la caña de azúcar o la celulosa.

Compostaje: Un proceso gestionado que controla la descomposición biológica y la transformación de materiales biodegradables para producir *compost*: aquel material

Catalina Álvarez Ramírez¹

¹ Colombiana, Especialista. Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho, Medellín, Colombia. Correo: calvarez@icipc.org

orgánico con contenidos limitados de materia inorgánica que puede utilizarse como abono (ASTM D6400-12).

Plástico compostable: Plástico que sufre degradación por procesos biológicos durante el compostaje para producir dióxido de carbono, agua, compuestos inorgánicos, y biomasa a una velocidad consistente con otros materiales compostables conocidos y sin dejar residuos visibles, distinguibles o tóxicos.(ASTM D6400-12).

Normatividad

Los estándares empleados para para medir la biodegradabilidad y la compostabilidad de un material plásticos son:

ASTM D6400-12: Especificación estandarizada para plásticos compostables.

EN 13432-2000: Requerimientos para empaques recuperables a través de compostaje y biogradación.

ISO 17088:2012: Especificaciones para plásticos compostables

El producto terminado debe ser analizado en la misma forma en que va a ser empleado.

Los plásticos que cumplen con estas regulaciones tienen las siguientes características (ASTM D6400-12):

Desintegración (Degradación Física): Se desintegran rápidamente durante los procesos de compostaje, por lo que no se encontrarán grandes fragmentos plásticos al final del proceso y permiten la bio-asimilación y el crecimiento microbiano; al cabo de 12 semanas, el 90 % de los fragmentos debe ser menor a 2 mm. El ensayo se realiza de acuerdo a las Normas ISO 16929 (a escala piloto) o ISO 20200 (simulada en laboratorio).

Biodegradación Inherente (Degradación Química): El 90% del Carbono orgánico de todo el artículo o de cada componente orgánico, que está presente en el material en una concentración superior al 1% (en masa seca), se convertirá en CO₂ al final del período de prueba: máximo

180 días y empleando los métodos de ensayo ASTM D5338, ISO 14855-1 o ISO 14855-2.

Ecotoxicidad (Efecto en las plantas): Los ensayos de ecotoxicidad incluyen dos pruebas sobre 2 tipos de plantas diferentes en las que se compara la germinación y el crecimiento de la planta entre el blanco de compost (control) y compost que contenga a la muestra. La velocidad de germinación no debe ser menor al 90% comparada con el control, el ensayo se realiza bajo las directrices 208 OECD y el Anexo E de la EN 13432.

Características Químicas: El plástico o producto deberá tener concentraciones de metales pesados (Cu, Zn, Ni, Cd, Pb, Hg, Cr, Mo, Se, As) inferiores al 50% de las prescritas para compost en el país donde se vende el producto.

Conclusiones

Los bioplásticos tienen un gran potencial para contribuir a la recuperación de materiales, la reducción de vertederos y el uso de recursos renovables. La concienciación pública generalizada sobre estos materiales y la infraestructura eficaz para el control riguroso de la certificación, la recolección, la separación y el compostaje serán cruciales para obtener estos beneficios en su totalidad.

Las aplicaciones de los bioplásticos son muy variadas, pues tienen un amplio uso en agricultura, horticultura, textiles, dispositivos médicos, etc., y principalmente en el segmento de empaques: flexibles, rígidos, termoformados, etc.

Referencias

ASTM D6400-12: Especificación estandarizada para plásticos compostables.

E. Bioplastics, "What are bioplastics?," 2016.



Tendencias ambientales y económicas de los plásticos Bio - basados

Aura Elvira Narváez Agudelo¹
Nidia Karina Mora Londoño²

Modalidad: Comunicación Oral

El contexto de la temática inicia con una breve definición sobre los materiales biodegradables y No biodegradables y el ciclo de vida de estos materiales: iniciando por el material natural, luego pasa a un tratamiento para extraer el almidón y celulosa, después de un proceso intermedio se obtiene el material con el que se fabrican los productos terminados, al finalizar su propósito como contenedores pasan al proceso de compostaje o reciclaje, según la característica del material.

Tendencias ambientales de los plásticos Bio basados (Tecnología del plástico, 2017)

. Contribuye al crecimiento de la economía agrícola, impulsando el uso de materiales y partes de los productos agrícolas no alimenticios. Cada vez resultaran más regulaciones políticas y legales exigiendo un menor consumo de empaques y envases que no sean amigables con el medio ambiente.

. Se incrementará el uso de PET Bio basado, actualmente se está utilizando un 30% de material bio basado, al año 2020 se estima que las botellas contarán con un 75% de PET Bio basado y al 2022 serán fabricadas con un 95% de PET Bio basado.

. Quizás otorgue a las empresas la disminución del pago de impuesto sobre la generación de carbono.

. Un mayor número de empresas en el uso de empaques y envases a partir de base biológica (Danone, L'Oreal Paris, Nestlé, Grupo Phoenix, Colgate Palmolive, Avianca, Coca-Cola, Heinz).

. Se convertirá en una estrategia de marca para atraer consumidores que comparten esta ideología.

. Exploración de usos y aplicaciones para agregar valor a productos que ahora existen y desarrollar nuevos fármacos, alimentos o combustibles.

¹ Colombiana, MSc., Universidad Autónoma de Occidente. Subdirectora Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria (ASTIN), Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), Complejo Salomia, Calle 52 N° 2 Bis - 15 Salomia, Cali, Colombia. Correo: aenarvaez@sena.edu.co.

² Colombiana, Esp., Universidad del Valle. Profesional en Vigilancia Tecnológica. Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria (ASTIN), Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), Complejo Salomia, Calle 52 N° 2 Bis - 15 Salomia, Cali, Colombia. Correo: nkmoral@misena.edu.co.

Tendencias Económicas de los plásticos Bio basados

La capacidad de la producción mundial de bioplásticos para el 2019 será de 7,85 millones de toneladas, distribuidos mayormente en bio basados no biodegradables ver **Figura 1** (Aeschelmann & Carus, 2015).

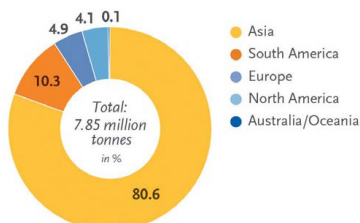


Figura 1. Producción global de Bioplásticos por regiones para el 2019
Fuente: bio-based.eu. Agosto 2017

Por regiones, Asia será el mayor productor de bioplásticos con una participación del 80,6%, seguido de Sur América **Figura 2**.

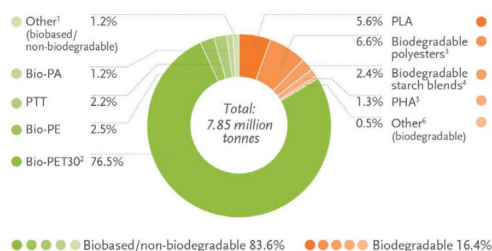


Figura 2. Capacidad de producción al 2019
Fuente: bio-based.eu. Agosto 2017

Por segmentos de mercado, la capacidad de producción en toneladas para el 2019 de estos materiales, serán utilizados mayormente en empaques rígidos (5.878 ton.), seguidos de los flexibles (587 ton.), los textiles (560 ton), transporte y autopartes (378 ton) (Aeschelmann & Carus, 2015).

Se estima que para el año 2020 la participación porcentual de los Polímeros biobasados tendrá una mayor participación en (Aeschelmann & Carus, 2015):

Empaques rígidos (industria, alimentos y servicios) 40%
Bienes de consumo 16%, transporte y automóviles 13%, edificios y construcciones 11%, textiles 9%, empaques flexibles 6%.

En Colombia se ha trabajado en la obtención de biopolímeros a partir de fibras naturales: fique, piña, guadua, bagazo de caña, cascarilla de arroz, madera, estopa de coco, plátano y algunos almidones como la yuca y maíz (Valero-Valdivieso, Ortigón, & Uscategui, 2013).

La aplicación de estos materiales en Colombia se da principalmente en: Industria Automotriz, Empaques,

Manufactura aditiva, Deposición en sustratos metálicos y Construcción.

Conclusiones

- . Culturalmente apropiarse de los conceptos: Plásticos biobasados, compostables, biodegradables, ecoamigables.
- . Educativo: El SENA debe fortalecer la investigación en materiales biobasados y crear, con las universidades, programas de formación con este enfoque (Ejemplo: Análisis de Biomateriales para la Industria).
- . Industrial: Conocer los esfuerzos de países como Brasil y México, que han logrado avanzar en la producción a escala industrial (Braskem), y así aumentar su capacidad productiva.

Otras conclusiones generales del conversatorio:

Se recomienda trabajar en la fabricación de materiales amigables con el medio ambiente pero que sean biodegradables principalmente, puesto que el tema de biocompostable no es un concepto muy maduro en Colombia.

No existen una cultura en la sociedad que garantice una adecuada disposición final de los productos biodegradables y biocompostables.

Los grandes fabricantes de materiales biopoliméricos le apuestan a materiales que puedan ser reutilizables.

Aun no existe una política clara sobre el rotulado de envases y empaques con característica biopoliméricos y biocompuestos.

Bibliografía

- Valero-Valdivieso, M. F., Ortigón, y., & Uscategui, y. (2013). biopolímeros: avances y perspectivas. *dyna*, 171-180.
- Aeschelmann, F., & Carus, M. (2015). *Bio based building and Polymers in the World: capacities, production*. Hurth, Germany: Nova institut GmbH.
- Tecnología del plástico. (20 de Febrero de 2017). *temas*. Obtenido de Tecnología del plástico: <http://www.plastico.com/temas/A-pesar-de-dificiles-condiciones-del-mercado,-crece-produccion-de-polimeros-biobasados+118193?idioma=en>



Obtención de bioaceite vía pirólisis de *Saccharum Officinarum* y evaluación de contenido de compuestos fenólicos como materia prima para resinas fenol-formaldehído

Modalidad: Comunicación Oral

Natalia Afanasjeva¹
Luis Carlos Castillo²
José Hipólito Isaza³

Resumen

La conversión térmica de la biomasa residual está recibiendo cada día más la atención de investigadores en todo el mundo en calidad de una forma alternativa de obtener combustibles líquidos y gaseosos, pero también con la opción de usar el bioaceite en la síntesis química, como fuente de compuestos fenólicos naturales para la elaboración de resinas fenol-formaldehído y además materia prima de compuestos con actividades bioactivas como la capacidad antioxidante. En este trabajo se realizó el proceso de pirólisis lenta a bajas temperaturas a varios tipos de bagazo de caña colombiana, de las cuales se obtuvieron las fracciones de bioaceite, biogás y biocoque. Las muestras fueron analizadas por TGA, CG, UV-Vis, IR-TF, GC-MS, además se determinó el contenido de fenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu y su capacidad captadora de radicales libres DPPH. Se evaluó la obtención de resinas fenólicas.

Palabras claves: *Actividad antioxidante, bioaceite, biofenoles, CG-EM, Saccharum Officinarum, pirólisis, IR-TF, Uv-vis.*

Introducción

La caña de azúcar, *Saccharum Officinarum*, se cultiva en todo el mundo y ha sido considerada como una de las plantas más significativas en la economía agrícola, además de ser una materia prima muy prometedora para la recuperación de sustancias bioactivas (Jose,2015). El principal subproducto de la industria de la caña de azúcar es el bagazo, la producción estimada es de 9 millones de toneladas por año en los ingenios colombianos (Quiroz, 2016). Con el fin de crear un valor agregado para el exceso de subproducto, se han realizado varios estudios, como la conversión de bagazo en productos útiles, tales como

¹ Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Química, Cali, Colombia, Grupo de Investigación en contaminación ambiental por metales y pesticidas (GICAMP). Correo: natalia.afanasjeva@correounivalle.edu.co

² Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Química, Cali, Colombia, Grupo de Investigación en contaminación ambiental por metales y pesticidas (GICAMP). Correo: luis.castillo.araujo@correounivalle.edu.co

³ Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Química, Cali, Colombia. Grupo de Investigación en productos naturales (GIPNA) Correo: jose.isaza@correounivalle.edu.co

combustible (Afanasjeva, 2012) y carbón activado por medio del proceso de pirólisis (Piskorz, 1998).

La pirólisis es una de las tecnologías más usadas para la conversión térmica de materia orgánica en otras formas de energía o en derivados químicos de una manera económica y eco-amigable en el concepto de bio-refinería. Los bioaceites o fracciones líquidas derivados de la pirólisis de biomasa tienen un alto contenido de compuestos oxigenados, se reportan más de 400 diferentes compuestos entre los cuales se encuentran ácidos, cetonas, furanos, azúcares y fenoles, los cuales pueden presentar actividades biológicas muy importantes como antifúngicas, antioxidantes, (Islam, 2010) etc. Los compuestos fenólicos o polifenoles constituyen un amplio grupo de sustancias químicas, con diferentes estructuras y propiedades químicas y actividad biológica, englobando más de 8.000 compuestos distintos.

Los compuestos fenólicos incluyendo flavonoides y ácidos fenólicos y se encuentran entre las sustancias bioactivas más potentes y útiles terapéuticamente proporcionando beneficios para la salud asociados con un menor riesgo de enfermedades crónicas y degenerativas. Muchos de estos efectos se atribuyen a la actividad antioxidante a los compuestos polifenólicos de origen vegetal y el bloqueo o eliminación de radicales libres (Amarowicz, 2010).

Parte experimental

El proceso de pirólisis las muestras de bagazo de caña procedentes de los departamentos de Valle del Cauca, Cauca y Santander se realizó a varias temperaturas en un reactor tipo batch del laboratorio de "Química de las fracciones pesadas" de la Universidad del Valle. Se utilizó de bagazo seco y molido, y el gas de N_2 como medio inerte. Las muestras de extractos polares de *Saccharum Officinarum* fueron analizados por GC-MS y se encontró la presencia de más de 243 compuestos individuales. Para determinar la temperatura de pirólisis se realizó el análisis térmico (TGA) a las muestras de bagazo. La mayor pérdida de masa de los bagazos de caña ocurre a las temperaturas desde $\sim 325^\circ\text{C}$ hasta 420°C .

Las muestras de bioaceite fueron analizadas por UV-Vis, IR-TF, GC-MS.

El contenido fenólico total de cada muestra de bioaceite, se determinó usando el método de Folin-Ciocalteu

descrito por (Isaza et al, 2005) con algunas modificaciones. Se utilizó ácido gálico (AG) como compuesto estándar. Brevemente, las muestras de bioaceite fueron diluidas en agua (1/100). La solución de lectura se preparó con 1 mL de cada dilución anterior, donde se mezclaron con 0,8 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu y 0,2 mL de Na_2CO_3 20% aforando con agua destilada a un balón de 10 mL. Las soluciones se dejaron en reposo por 90 minutos en oscuridad y se midieron la absorbancia en el espectro UV-vis a la longitud de onda de 621 nm frente a un blanco preparado de la misma manera (Figura 2). Los resultados se expresaron como mg equivalentes de AG (EAG) sobre cantidad en gramos de bagazo de caña seco.

La capacidad de captación del radical DPPH de cada muestra de bioaceite se determinó utilizando el método descrito por (Wang, 2011) con algunas modificaciones. El reactivo DPPH se disolvió en 100 mL de etanol para hacer la solución madre de DPPH (2 mM). A continuación, 0,1 mL de bioaceite (diluido previamente en etanol) se colocó en un balón de 10 mL con 3 mL de la solución DPPH 0,2 mM. Después de enrasar, la muestra se mantuvo en la oscuridad durante 30 min y se midió la absorbancia de la mezcla a la longitud de onda de 517 nm del espectro de UV-vis. El etanol con una solución de DPPH es utilizado como solución control, al igual de ser considerado como el blanco para comparación. La actividad de eliminación de radicales de cada fracción DPPH se calcula según la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Capacidad de eliminación del radical libre DPPH} = \left[\frac{(A_{ob} - A_{1b})}{A_{ob}} \right] * 100\%$$

Donde A_{ob} es la absorbancia de control menos la absorbancia de muestra de blanco, y A_{1b} es la absorbancia de la solución de muestra menos absorbancia de muestra de blanco.

Resultados y discusión

Los espectros IR-TF de bioaceite (Figura 1) muestran las bandas características de los grupos $-OH$ ($3200-3550\text{ cm}^{-1}$) para alcoholes y fenoles, y una banda entre $1600-1700\text{ cm}^{-1}$ que se atribuye a la vibración de tensión del grupo carbonilo $-C=O$. Los espectros de UV-vis en la Figura 2, muestran una banda muy característica de grupos fenólicos cerca de 270 nm.

La longitud de onda de máxima absorción a 621 nm, encontrada a partir de una curva de calibración de AG, difiere de aquella a 700 nm reportada en la literatura⁶.



Se obtuvo un rango lineal entre 0-20 ppm en la curva de calibración con AG, con un rango óptimo entre 4-18 ppm. La ecuación obtenida por mínimos cuadrados fue $y = 0,9981x$. En la Figura 3 se muestran los resultados cuantitativos para fenoles totales de las muestras de diferentes bioaceites de pirolisis.

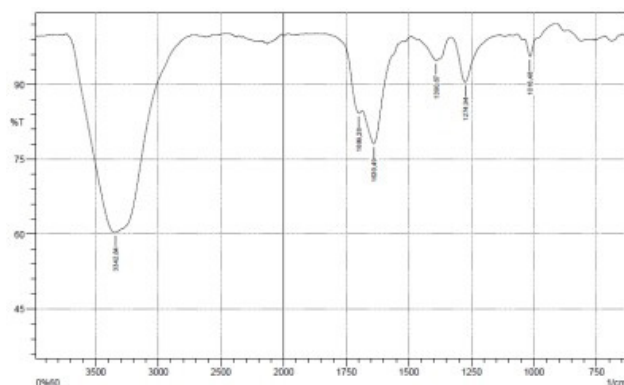


Figura 1. Espectro IR, muestra de bioaceite de bagazo de Cali.

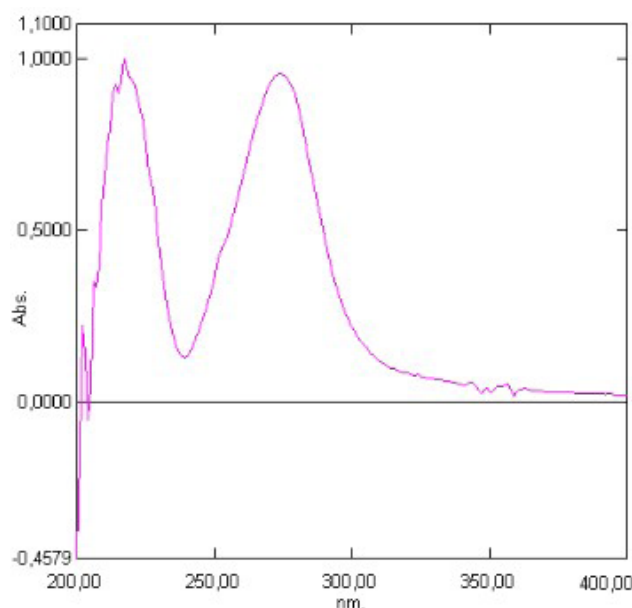


Figura 2. Espectro UV-Vis, muestra de bioaceite de bagazo de Cali.

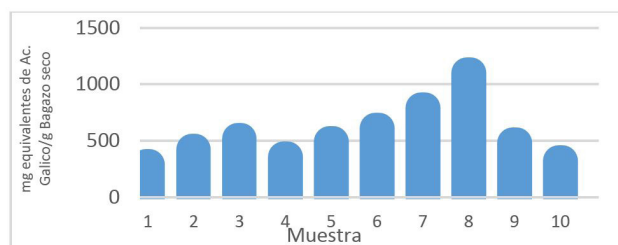


Figura 3. Cuantificación de fenoles totales en diferentes muestras de bioaceites.

Conclusiones

Todas las muestras de bioaceite obtenidos vía conversión térmica de diferentes tipos bagazo de caña presentaron una alta concentración de compuestos fenólicos (mayor de 50% más). Los principales compuestos fenólicos identificados en los bioaceites de pirolisis de *Saccharum officinarum* son: ácido p-hidroxifenilfosfónico (15,86%), 4-metilfenol (13,17%), p-etilfenol (11,74%), o-hidroxifenól (pirocatecol) (11,37%), ácido 4-hidroxibencenosulfónico, 2-furan-carboxaldehído (furfural) y otros.

Se obtuvo la resina fenol-formaldehído a base de biofenoles de bio-aceite de bagazo de caña colombiano.

Referencias

- Afanasjeva, N., González, T. (2012). Obtención y caracterización de biocombustibles líquidos a partir de la conversión pirolítica a baja temperatura del bagazo de caña. Colombia Forestal., vol. 15 (supl.1), 42.
- Amarowicz, R., Estrella, I., Hernández, T., Robredo, S., Troszyńska, A., Kosińska, A., & Pegg, R. B. (2010). Free radical-scavenging capacity, antioxidant activity, and phenolic composition of green lentil (*Lens culinaris*). Food chemistry, 121(3), 705-711.
- Isaza, M.H. et al. A spectrometric approach to the phenol totals in species of Melastomataceae family, 2005, 27, 75-79.
- Islam, M. R., Haniu, H., Islam, M. N., & Uddin, M. S. (2010). Thermochemical conversion of sugarcane bagasse into bio-crude oils by fluidized-bed pyrolysis technology. Journal of Thermal Science and Technology, 5(1), 11-23.
- Marques, J.C., G., Lino, A. G., Lima, C. F., Colodette, J. L., & Gutiérrez, A. (2015). Lipophilic phytochemicals from sugarcane bagasse and straw. Industrial Crops and Products, 77, 992-1000.
- Piskorz, J., Majerski, P., Radlein, D., Scott, D. S., & Bridgwater, A. V. (1998). Fast pyrolysis of

- sweet sorghum and sweet sorghum bagasse. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 46(1), 15-29.
- Quiroz, A. P. B., Coca, A. L. B., & Baquero, P. P. (2016). Sostenibilidad del aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca, Colombia. *Ingeniería solidaria*, 12(20), 133-149.
- Wang, B. N., Liu, H. F., Zheng, J. B., Fan, M. T., & Cao, W. (2011). Distribution of phenolic acids in different tissues of jujube and their antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(4), 1288-1292.



Proceso de pirólisis lenta de biopolímeros naturales

Modalidad: Comunicación Oral

Resumen

Pirólisis es el primer proceso entre los tratamientos térmicos de biomasa y gobierna la formación de gas de síntesis para la producción de la electricidad, hidrógeno y los combustibles líquidos. La correlación entre las fracciones obtenidas depende de la relación de contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina.

En este trabajo se presentan los resultados del proceso de pirólisis lenta a bajas temperaturas (menores de 500°C) a varios tipos de bagazo de caña colombiana. Se presenta el balance de masas de las fracciones obtenidas con el rendimiento de la fracción de bioaceite (~16,1%-19,7% más.), fracción gaseosa (~42,3%-45,8% más.) y fracción de coque o biochar (~38%-38,1% más.). Las muestras fueron analizadas por TGA, CG, IR-TF, GC-MS. Se determinó el contenido de fenoles en las fracciones de bio-aceite. El contenido fenólico total de la muestra de cada bioaceite, se determinó usando el método de Folin-Ciocalteu. Cuantificación de fenoles totales en diferentes muestras de bioaceites dio el resultado entre 400-1200 mg equivalentes de ácido gálico/g de bagazo de caña. Se realizó la reacción de formación de resinas fenol-formaldehído de tipo resol en medio básico.

Palabras claves: *Rendimiento, biomasa, tecnología forestal, Saccharum Officinarum, pirólisis, resina fenol-formaldehído.*

Introducción

El sector azucarero colombiano se encuentra ubicado en el valle geográfico del río Cauca. En esta región hay 225.560 hectáreas sembradas en caña para azúcar. En Colombia, en el año 2013 se produjeron 2,12 millones de toneladas de azúcar a partir de 21,56 millones de toneladas de caña. El principal subproducto de la industria de la caña de azúcar es el bagazo, la producción estimada es de 9 millones de toneladas por año en los ingenios colombianos. (Quiroz, 2016) El bagazo representa cerca del 25% de la cosecha de caña en los países tropicales Con el fin de crear

Natalia Afanasjeva¹
Robinson Esteban Aristizabal²
Manuel Salvador Palencia³

¹ Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Química, Cali, Colombia, Grupo de Investigación en contaminación ambiental por metales y pesticidas (GICAMP), Grupo de investigación en Ciencias aplicadas a tecnologías (GI-CAT) Correo: natalia.afanasjeva@correounivalle.edu.co

² Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Química, Cali, Colombia, Grupo de Investigación en contaminación ambiental por metales y pesticidas (GICAMP), Grupo de investigación en Ciencias aplicadas a tecnologías (GI-CAT) Correo: robinson.aristizabal@correounivalle.edu.co

³ Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Química, Cali, Colombia. Grupo de investigación en Ciencias aplicadas a tecnologías (GI-CAT) Correo: manuel.palencia@correounivalle.edu.co

un valor agregado para el exceso de subproducto, se han realizado varios estudios, como la conversión de bagazo en productos útiles, tales como combustible y carbón activado por medio del proceso de pirólisis (Islam,2010).

La pirólisis es una de las tecnologías más usadas para la conversión térmica de materia orgánica en otras formas de energía o en derivados químicos de una manera económica y eco-amigable en el concepto de bio-refinería. La conversión térmica de la biomasa residual está recibiendo cada día más la atención de investigadores en todo el mundo¹ en calidad de una forma alternativa de obtener combustibles líquidos y gaseosos, pero también con la opción de usar el bioaceite en la síntesis química, como fuente de compuestos fenólicos naturales para la elaboración de resinas poliméricas y además materia prima de compuestos con actividades bioactivas como la capacidad antioxidante. Los bioaceites o fracciones líquidas derivados de la pirólisis de biomasa tienen un alto contenido de compuestos oxigenados entre los cuales se encuentran ácidos, cetonas, furanos, azúcares y fenoles, los cuales pueden presentar actividades biológicas muy importantes como antifúngicas, antioxidantes, etc. (Wang, 2017). Los compuestos fenólicos o polifenoles constituyen un amplio grupo de sustancias químicas, con diferentes estructuras y propiedades químicas y actividad biológica (Maradei, 2014). La composición química del bagazo de la caña de azúcar depende de la variedad y edad de la caña, con contenidos de celulosa entre 40 y 80%, hemicelulosa entre el 25 y 45%, y lignina entre el 5 y 25 %.

La lignina, como componente de la resina, puede reaccionar con el formaldehído y con el fenol. Con el aumento de temperatura, los grupos hidroximetilos reaccionan en las posiciones libres de otras unidades de lignina o de fenol para formar puentes metilénicos (Rubio, 2002).

Parte experimental

El proceso de pirólisis de las muestras de bagazo de caña procedente del departamento del Valle del Cauca se realizó a varias temperaturas en un reactor tipo batch del laboratorio de "Química de las fracciones pesadas" de la Universidad del Valle. Se utilizó el bagazo seco y molido, y el gas de N₂ como medio inerte. Para determinar la temperatura del proceso de pirólisis o la temperatura a la cual ocurre la mayor pérdida de masa, se hizo previamente el análisis térmico (TGA) a cada muestra de bagazo de caña. La mayor pérdida de masa del bagazo de caña (~70%)

ocurre a las temperaturas desde ~200°C hasta 420°C. En la figura 1 se presenta el análisis termogravimétrico (TGA) de bagazo de Cali, Valle del Cauca. A base de los resultados obtenidos, donde la mayor pérdida de masa del bagazo del Cauca (~81,32%) ocurre antes de 400°C, se planteó la temperatura máxima del proceso de pirólisis.

El resultado de balance de masas de pirólisis lenta de diferentes muestras de bagazo de caña colombiano a nivel de laboratorio se presenta en la tabla 1.

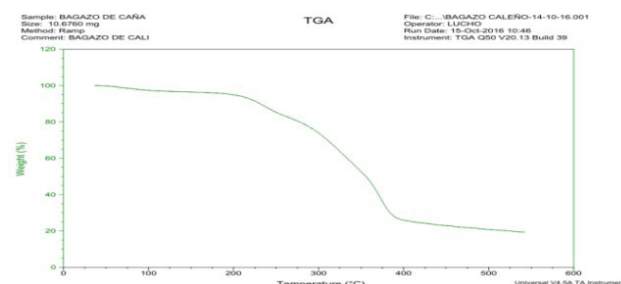


Figura 1. Análisis TGA de bagazo de Cali, Valle del Cauca.

Tabla 1. Rendimiento de las fracciones obtenidas en la pirólisis lenta de diferentes muestras de bagazo de caña.

Tipo de muestra	Temperatura (K)	Tiempo (min)	Balance de masa de las fracciones obtenidas,%		
			Fracción líquida o bio-oil	Fracción gaseosa o biogas	Coque o bio-char
Bagazo de Cali	633	45	16,1	45,8	38,1
Bagazo de Valle	648	50	19,7	42,3	38
Bagazo de Cauca	433	30	18,0	43,9	38,1

Para todas las muestras de bagazo de caña y para todas las fracciones fue realizado el análisis de los grupos funcionales por FT-IR (ver la tabla 2) y el análisis elemental.

Las muestras de bioaceites obtenidos fueron analizadas por FT-IR, GC, GC-MS.

El contenido fenólico total de la muestra de bioaceite, se determinó usando el método de Folin-Ciocalteu descrito por (Isaza, 2005) con algunas. Cuantificación de fenoles totales en diferentes muestras de bioaceites dio el resultado entre 400-1200 mg equivalentes de ácido gálico/g de bagazo de caña.



Tabla 2. Grupos funcionales de bagazo de caña de Valle de Cauca determinados por análisis FT-IR

Longitud de onda (cm ⁻¹)	Grupos funcionales
3313,71	Estiramiento del grupo-OH
2918,30	Vibración de estiramiento -CH alifático
2850,79	Vibración de estiramiento -CH alifático
1734,01	Estiramiento de grupo de carbonilo aromático/ estiramiento de-C=O en los grupos carboxílicos
1651,07	
1604,77	Anillo aromático, C=C estiramiento
1516,05	Anillo aromático, C=C estiramiento
1454,33	Anillo aromático, C=C estiramiento
1421,54	Anillo aromático, C=C estiramiento, grupo metoxi- de la lignina
1373,32	-CO-estiramiento aromático
1317,38	-CO-estiramiento aromático
1238,30	-CO-estiramiento aromático
1203,58	Estiramiento de éter alifático, grupo -C-O y estiramiento de alcohol en -C-O
1157,29	
1031,92	

Resultados y discusión

Los resultados de los espectros IR-TF de bioaceites (tabla 2) muestran las bandas características de los grupos -OH (3200-3550cm⁻¹) para alcoholes y fenoles, y una banda entre 1600-1700cm⁻¹ que se atribuye a la vibración de tensión del grupo carbonilo -C=O y otros.

Con los fenoles obtenidos en la fracción líquida de bio-aceite se hizo reacción de formación de resinas fenol-formaldehído en medio básico y se obtuvo como resultado resina fenol-formaldehído con alto índice de dureza (ver Figura 2).

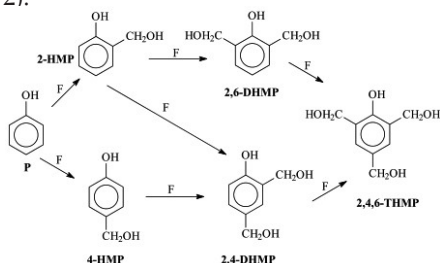


Figura 2. Reacción de formación de resinas fenol-formaldehído en medio básico. Etapa de adición de formaldehído sobre el fenol en una resina resol (Rubio, 2002).

Se hizo la caracterización físico-química del producto obtenido.

Conclusiones

Los productos del proceso de conversión térmica lenta de *Saccharum officinarum* mostraron siguiente rendimiento: fracción líquida fue (~16,1%-19,7% más), fracción gaseosa (~42,3%-45,8% más) y fracción sólida (~38%-38,1% más).

La muestra de bio-aceite del bagazo del departamento de Cauca presentó una alta concentración de compuestos fenólicos (mayor de 50% más)

Se obtuvo la resina fenol-formaldehído a base de bio-fenoles de bioaceite de bagazo de caña colombiano con alto índice de dureza.

Agradecimientos

Los autores agradecen a VRI de la Universidad del Valle por la financiación del proyecto de investigación "Obtención de derivados fenólicos con propiedades antioxidantes vía conversión térmica de los residuos de *Saccharum officinarum*" con código 71076.

Referencias

- Afanasjeva N. (3 -4 de sept).Veracruz, México Productos de la pirolisis de biomasa residual de bagazo de caña. Congreso Internacional de ingeniería y ciencias químicas (CHEMSCIE).
- Isaza, M.H. et al. A spectrometric approach to the phenol totals in species of Melastomataceae family, 2005, 27, 75-79.
- Islam, M. R., Haniu, H., Islam, M. N., & Uddin, M. S. (2010). Thermochemical conversion of sugarcane bagasse into bio-crude oils by fluidize-bded pyrolysis technology. *Journal of Thermal Science and Technology*, 5(1), 11-23.
- Loh, Y. R., Sujana, D., Rahman, M. E., & Das, C. A. (2013). Sugarcane bagasse—The future composite material: A literature review. *Resources, Conservation and Recycling*, 75, 14-22..

- Mantilla, S. V., Gauthier-Maradei, P., Gil, P. Á., & Cárdenas, S. T. (2014). Comparative study of bio-oil production from sugarcane bagasse and palm empty fruit bunch: yield optimization and bio-oil characterization. *Journal of Anal. and Appl. Pyrolysis*, 108, 284-294.
- Maradei P. et al..A French. (2014). Colombian Study on the potential of empty fruit bunch as feedstock for torrefaction, pyrolysis and gasification.5th International Renewable Energy Congress
- Quiroz, A. P. B., Coca, A. L. B., & Baquero, P. P. (2016). Sostenibilidad del aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca, Colombia. *Ingeniería solidaria*, 12(20), 133-149.
- Rubio, M. V. A., Somolinos, F. R., & Palá, M. O. (2002). Formulaci3n y curado de resinas fenol-formaldehído tipo" resol" con sustituci3n parcial del fenol por lignosulfonatos modificados. Universidad Complutense de Madrid.
- Wang,S.,Hu,Y.,Uzoejinwa,B.B.,Cao,B.,He,Z.,Wang,Q., & Xu, S. (2017). Pyrolysis mechanisms of typical seaweed polysaccharides. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 124, 373-383.
- Yue, Y., Lin, Q., Xu, Y., Li, G., & Zhao, X. (2017). Slow pyrolysis as a measure for rapidly treating cow manure and the biochar characteristics. *Journal of Anal. and Appl. Pyrolysis*, 124, 355-361.



Biopolímeros fotoactivos como empaques de alimentos de consumo diario

Modalidad: Comunicación Oral



Lina Niño¹
Angélica García¹
Oscar Medina¹

¹ Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia, Av Central del Norte 39-115, Tunja, Colombia ijoniot@hotmail.com

Resumen

La modificación química (esterificación) del almidón residual de papa otorga mejoras en las propiedades fisicoquímicas y mecánicas del biopolímero, de manera que los bioplásticos elaborados a partir de éste, son útiles, biodegradables y de bajo costo. Así mismo, este proceso permite el anclaje a su estructura de una sustancia fotoactiva (Rutina); extraída de RUDA, capaz de absorber energía en el rango de 200-450nm (UVC) y por tanto inhibir procesos oxidativos en alimentos empacados, ofreciendo un valor agregado a su producción.

Palabras claves: fotoactivo, anclaje, almidón, esterificación.

Introducción

El término plástico abarca una variedad de polímeros sintéticos o naturales que están conformados por largas cadenas macromoleculares de carbono e hidrogeno (Michaeli, 2000). Su producción, desarrollo, aplicaciones e impacto en la sociedad y economía han conformado lo que se conoce como industria del plástico, aplicado a la elaboración de botellas, envases y tuberías. Debido a la difícil descomposición de estos productos es necesaria la búsqueda de alternativas en materias primas que sean más amigables con el medio ambiente (recursos renovables) que disminuyan el uso de derivados fósiles, acumulación de residuos sólidos y/o contaminación por plástico (CAR, 2000).

El uso de almidón de papa como materia prima en la elaboración de un bioplástico útil y de bajo costo es interesante en nuestro departamento, debido a que Boyacá es el segundo departamento más importante en la producción de papa en Colombia (Bradshaw, 2009).

De esta manera, la elevada comercialización de este producto alimenticio en Boyacá permite que sus residuos

agroindustriales puedan ser utilizados como materia prima óptima para la obtención de empaques plásticos económicos y en nuestro caso, con un valor agregado en su formulación (sustancias orgánicas fotoactivas) capaces de absorber energía en un amplio rango del espectro electromagnético, postulando que la actividad frente a la luz de los empaques dependerá de la inhibición de procesos oxidativos (ocasionados por la presencia de luz y oxígeno), otorgando al empaque una mayor actividad en el mercado de empaques alimentarios principalmente.

Parte Experimental

El estudio se realizó en el laboratorio GIQTA adscrito a la Facultad de Ciencias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. (UPTC) sede Tunja.

Particularmente, en el proyecto se empleó la extracción asistida por microondas y técnicas espectroscópicas (UV-Vis-IR) para el reconocimiento y caracterización de los reactivos de partida.

La esterificación del almidón se lleva a cabo por la reacción del mismo con donadores de acilo anhídros (anhídrido succínico) en condiciones de reacción relativamente suaves.

Los bioplásticos se elaboraron utilizando el método de gelatinización de las películas en bandeja.

Como criterios de evaluación de los plásticos obtenidos se tuvieron en cuenta las propiedades fisicoquímicas del biomaterial elaborado a partir de la medición de permeabilidad, solubilidad, estabilidad ácido/básica y transparencia de los bioplásticos obtenidos; en cuanto a las propiedades mecánicas se evaluaron la resistencia a la tensión de las biopelículas según las normatividad ASTM D638 (2010).

Finalmente, la eficacia fotoactiva del empaque obtenido fue determinada comparando el efecto en la disminución de la degradación oxidativa (lipídica y protéica) de una muestra de carne de res en presencia o ausencia del bioplástico, para lo cual se seguirá la metodología descrita por Oliver et al, (1987), basado en la reacción de los grupos carbonilo con la 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH) para formar una base de Schiff- más estable estables, las cuales son detectadas y cuantificadas espectrofotométricamente a una absorbancia máxima a 365-375 nm.

Resultados y discusiones

Extracción de Rutina a partir de Ruta Graveolens (RUDA):

El espectro de absorción UV-Vis del extracto obtenido a partir de la RUDA, presentó un rango de absorción entre 190-410nm aproximadamente según la Figura 1, con máxima absorbancia a 210, 250 y 330nm aproximadamente, de manera que solo absorbe energía electromagnética en los tres tipos de radiación Ultravioleta.

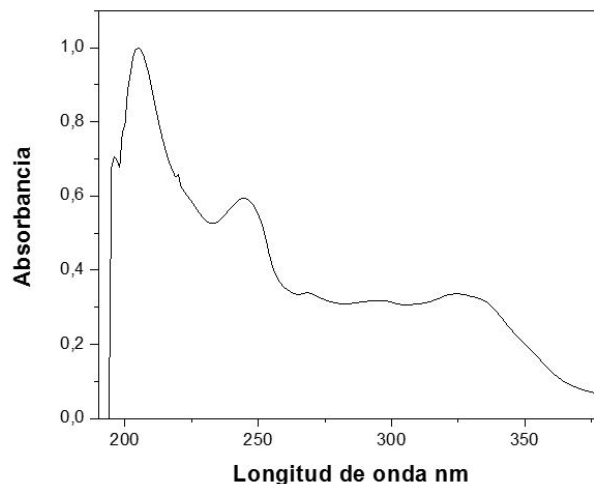


Figura 1. Espectro UV de la rutina

Esterificación del almidón y anclaje del extracto fotoactivo

En el espectro del almidón modificado AM (Figura 2) se observa la señal más importante en el proceso de esterificación a 1700 cm^{-1} , asignada al estiramiento del grupo funcional carbonilo $\text{C}=\text{O}$. Además de esto, la aparición de nuevas señales a 1423 y 1300 y 1220 cm^{-1} están relacionadas con la esterificación (Lopez-Rubio, Clarke, Scherer, Topping, & Gilbert, 2009), asignadas a vibración de deformación antisimétrica de los grupos carbonilos ($\text{C}=\text{O}$) la vibración antisimétrica /simétrica de los grupos CH_3 y las vibraciones de estiramiento del grupo carbonilo ($\text{C}=\text{O}$), respectivamente, evidencian que la reacción de esterificación fue llevada a cabo (Rincón, Rached, Aragoza & Padilla, 2007).

En contraste, el aumento en las señales a 3300 y 997 cm^{-1} , se debe a la presencia de grupos hidroxilo en la estructura de la Rutina, mientras que la aparición de 4 bandas entre 1600 - 1450 cm^{-1} indican las vibraciones de los enlaces $\text{C}=\text{C}$ de los anillos aromáticos de la misma.

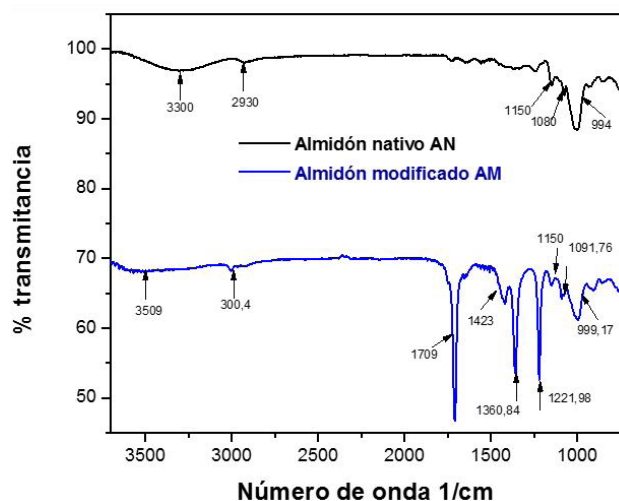


Figura 2. Espectro IR almidón nativo AN y modificado AM

Las imágenes obtenidas en Microscopía electrónica de barrido MEB, revelan formas circulares para los tamaños pequeños y ovalados para los tamaños grandes en el almidón nativo y modificado según la Figura 3, evidenciando variación en el tamaño (rango de 22 μm a 57 μm). En general el valor que se ha reportado para el tamaño granular del almidón de papa esta aproximadamente en 31 μm (Mishra, & Rai, 2006; Singh, McCarthy & Singh, 2006).

Se evidencia un cambio en la morfología y rugosidad de los gránulos de almidón, debido a que la reacción de esterificación se produce preferiblemente en la región amorfa del gránulo que está compuesta por amilosa y a la pobre penetración del anhídrido a esta región, no produce modificaciones severas en la superficie del gránulo. (Mulhbachter, Ispas-Szabo, & Mateescu, 2004; Wang, Sharp, & Copeland, 2011).

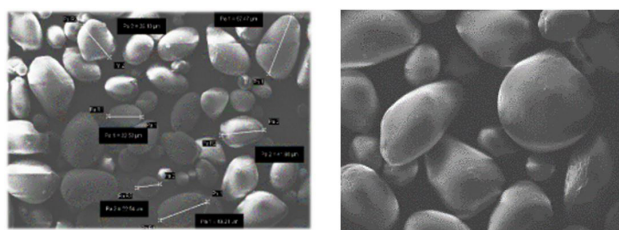


Figura 3. Microscopía electrónica de barrido MEB para AN y AM respectivamente.

Evaluación de propiedades fisicoquímicas y mecánicas del bioplástico:

la formulación se llevó a cabo utilizando una mezcla de sorbitol-ácido acético, los cuales fueron evaluados con

respecto a sus propiedades fisicoquímicas y mecánicas, obteniéndose los siguientes resultados:

Los bioplásticos obtenidos presentan poca *estabilidad en medio básico* debido a que su estructura es lábil a reacciones de hidrólisis, ya que el NaOH es capaz de hidrolizar los enlaces éster del almidón modificado, así como los puentes de hidrogeno; disminuyendo las interacciones intra-intermoleculares. Por otro lado, los iones de sodio podrían reaccionar formando succinato, aumentando la hidrofiliidad y la solubilidad del almidón [80]. En condiciones acidas, la estabilidad se mantuvo a lo largo del periodo de evaluación (60 días) como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Evaluación de propiedades fisicoquímicas y mecánicas del bioplástico

MEDIO	1h	1día	7días	21días	30días	
Alcalino	9	8.5	8	3	1	-
Ácido	10	10	10	7	6	3
% Transparencia	% Solubilidad en agua	Permeabilidad en aceite	Tensión de Ruptura MPa	Alargamiento max (mm)	Modulo elástico N/m	
76,3	17,195	No	9,778	7,835	5,78	

Las demás propiedades fisicoquímicas fueron óptimas: baja solubilidad en agua y no permeabilidad en aceites, lo que favorece su uso como empaque de alimentos (mayor estabilidad del empaque en condiciones húmedas y poca migración de grasas), y un porcentaje de paso de luz promedio en comparación con datos previos. En cuanto a sus propiedades mecánicas, se obtuvo resistencia de tensión a la rotura de 10Mpa aprox, comparable a plásticos obtenidos con materiales sintéticos biodegradables.

Evaluación de la eficacia fotoactiva del bioplástico

Se comparó el índice de peróxidos (oxidación lipídica) y contenido de grupos carbonilo (oxidación proteica) en tres muestras (sin empaque-bioplástico- bioplástico fotoactivo) de carne luego de su irradiación con una lámpara UV durante 15 minutos, obteniéndose una disminución en oxidación proteica de 70,2% y 62,3% comparado con las muestras sin empacar y con bioplástico normal respectivamente; y una disminución en oxidación lipídica de 55,7% y 56,3% comparado con las muestras sin empacar y bioplástico normal respectivamente, lo cual afirma que la radiación ultravioleta tiene un papel importante en

la degeneración de estructuras macromoleculares como lípidos y proteínas, y por tanto, la actividad necesaria de empaques con actividad frente a estas variables.

Conclusiones

La elaboración de bioplásticos fotoactivos ofrece una alternativa de empaque de alimentos de uso diario, prolongando su calidad nutricional frente a condiciones de luz y oxígeno del ambiente. Por otro lado, al ser un empaque biodegradable, disminuye el impacto ambiental generado a lo largo de los años por empaques sintéticos que general acumulación de residuos sólidos luego de su uso; convirtiéndose en una estrategia fácil y económica de contribuir a la actual demanda de empaques más amigables con el medio ambiente.

Referencias

- ASTM D638 (2010). Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. American Society for Testing Materials ASTM.
- Bradshaw, Kate. (2009). "The Great Garbage Swirl". Mautime Weekly (Maui). Recuperado desde <https://mautime.com/news/the-great-garbage-swirl/>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. (2000). Guía ambiental : pequeñas empresas de transformación de residuos plásticos y textiles. Bogotá: CAR.
- Lopez-Rubio, A., Clarke, J. M., Scherer, B., Topping, D. L., & Gilbert, E. P. (2009). Structural modifications of granular starch upon acylation with short-chain fatty acids. *Food Hydrocolloids*, 23(7), 1940-1946.
- Michaeli, W. (2000). Tecnología de los plásticos. Barcelona: Hanser.
- Mishra, S., & Rai, T. (2006). Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. *Food hydrocolloids*, 20(5), 557-566.
- Mulhbachher, J., Ispas-Szabo, P., & Mateescu, M. A. (2004). Cross-linked high amylose starch derivatives for drug release: II. Swelling properties and mechanistic study. *International journal of pharmaceutics*, 278(2), 231-238.
- Rincón, M. A., Rached, B. L., Aragoza, L. E. & Padilla, F. (2007). Efecto de la acetilación y oxidación sobre algunas propiedades del almidón de semillas de Fruto de pan (*Artocarpus altilis*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición*, 57(3).
- Singh, J., McCarthy, O. J., & Singh, H. (2006). Physico-chemical and morphological characteristics of New Zealand Taewa (Maori potato) starches. *Carbohydrate polymers*, 64(4), 569-581.
- Wang, S., Sharp, P., & Copeland, L. (2011). Structural and functional properties of starches from field peas. *Food chemistry*, 126(4), 1546-1552.