



DESARROLLO DE RECUBRIMIENTO ALIMENTICIO A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COMO ALMIDÓN DE PAPA Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

Helena Victoria Daza Lagos

*Aprendiz en Química Aplicada a la Industria,
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
Centro Minero Regional Boyacá, hvdaza@misena.edu.co*

Resumen

El desarrollo de nuevos materiales biodegradables para la industria del envase y embalaje de alimentos representa un reto a nivel mundial debido al impacto ambiental generado por materiales de difícil generación y el incremento de residuos sólidos tanto en fuentes hídricas como en rellenos sanitarios. Por esa razón, se desarrolla un nuevo material para recubrimientos alimenticios con mezclas de residuos agroindustriales de gran contenido de biomasa como Almidón de papa industria de la zona y el mucílago (plastificante) de nopal *Opuntia Ficus Indica* proveniente de cultivos en Pesca Boyacá.

Para la obtención del biopolímero inicialmente se extrajo el mucílago de nopal por el método cocción y adición de solventes propuesto por (Abraján 2008); el almidón de papa fue recolectado de la industria los lanceros de Duitama. Posteriormente se realizó un diseño experimental para determinar la mezcla óptima del polímero bajo diseño factorial completo de correlación directa en tres factores a diferentes niveles, tomando como variables claves del proceso: Mezcla almidón-agua destilada (20% (1:4); 25 % (1:3); 33.3% (1:2) y 50% (1:1); Glicerol (5% y 8 %) y adición de mucílago de nopal (10% y 15%) por técnica en secado de bandejas, obteniendo 32 probetas llevado a cabo en software estadístico Minitab.

Se observó que la mezcla optima fue la probeta 7 con una concentración 50% (almidón y agua destilada), (5%) glicerol y la incorporación 10 % de mucílago de nopal (*Opuntia ficus Indica*) dando lugar a una mayor adhesión de los materiales, un aumento de la estructura de gelatinización y una mejor plastificación, resultando el mucílago y el nopal en conjunto con el glicerol un plastificante alternativo para el desarrollo de recubrimientos.

Palabras clave

Almidón de papa, Bioplasticos, Boyacá, Nopal, Mucílago de nopal, Recubrimiento Alimenticio.

1 Introducción

En la actualidad surgen necesidades en reevaluar los envases plásticos de difícil disposición en empaques reutilizables, reciclables o compostables de menor costo, por eso es frecuente emplear residuos agroindustriales con gran contenido de biomasa como sustratos idóneos, que en conjunto con nuevas tecnologías y bio-procesos industriales convierten estos recursos de bajo costo en plásticos 100% biodegradables con variadas aplicaciones a nivel industrial (Martínez y Saravia, 2013).

Repensar nuevos empaques en el sector alimenticio representa una alternativa para aumentar la vida útil de los alimentos, se requieren envases biodegradables y compostables que permitan una mayor protección de la acción física, mecánica, química y microbiológica (Falguera et al, 2010) y no de solo uso. Por esta razón, se propone el desarrollo de un recubrimiento natural, es decir, una capa continua y delgada de material que recubre alimentos como frutas y verduras del departamento, actuando como una barrera frente a la humedad, gases, microorganismos y así evitar la pérdida de peso, color, sabor a lo largo del tiempo.

Para la elaboración de recubrimientos alimenticios autores como VALERO et al (2013) clasifican los biopolímeros en tres subgrupos: polímeros basados en recursos renovables (celulosa y almidón o mezclas); seguido de polímeros biodegradables de la industria petroquímica y finalmente polímeros



producidos por biotecnología y nanotecnología. Dado que en el departamento de Boyacá ciertas industrias que procesan la papa concentra grandes cantidades de almidón de papa por la demanda y porque es una zona papicultora, se desechan gran cantidad de esta biomasa, por lo cual resulta ser un sustrato aprovechable debido al contenido de azúcares. Así mismo, ocurre con los desechos de la poda de cultivos como el nopal que debido a su falta de interés por transformarlos se ha generado un mal manejo y disposición ocasionando malos olores, lo cual ocasiona un desperdicio de polímeros y plastificantes naturales que pueden ser aprovechados para nuevos biomateriales.

A nivel internacional se han venido desarrollando mezclas de almidón de papa con mucilago de nopal como plastificante, destacándose los siguientes investigadores: Abraján (2008) evaluó la aplicación del mucilago de nopal (*Opuntia Ficus Indica*) en recubrimientos alimenticios; Guzmán et al (2014) aprovecharon el mucilago de nopal para el desarrollo de películas biodegradables comestibles; por su parte, Mendoza et al (2014) realizaron películas con mucilago de nopal y caseinato de sodio; y finalmente Moreno et al (2017) desarrollaron un bioplástico con almidón de papa, mucilago de nopal y sábila. Los cuales caracterizaron los sustratos y a su vez determinaron el potencial como recubrimientos alimenticios en respuesta a la problemática ambiental causada por los plásticos convencionales.

Por su parte a nivel nacional son pocos los casos de estudios que utilicen y valoricen el almidón de papa y mucilago de nopal, por esa razón, el objetivo es desarrollar un recubrimiento alimenticio a partir de estos sustratos agroindustriales en el departamento de Boyacá. Inicialmente se realizó una extracción del mucilago de los cladodios del nopal y se obtuvo almidón residual de una empresa en Duitama. Posteriormente, se realizaron mezclas a diferentes concentraciones de sustratos y el plastificante obteniendo una mezcla óptima bajo un diseño factorial completo de correlación directa y se evaluó el efecto de la adición del mucilago de nopal y finalmente obtener el prototipo por la técnica de bandejas.

2 Materias primas y su importancia en la formación de recubrimientos

2.1 Mucilago de nopal (*Opuntia Ficus Indica*)

El mucilago es un polisacárido con peso molecular que va desde 2.3×10^4 (Medina, 2000) hasta 4.3×10^6 Da (Trachtenberg y Mayer, 1982). Entre su composición se encuentran, en mayor parte, unidades de azúcar de D-galactosa, L-arabinosa, D-xilosa y L-ramnosa, así como ácido galacturónico. Tomando en cuenta el grado de madurez del nopal, se pueden desarrollar aplicaciones como aditivos naturales para la industria alimentaria a partir de su mucilago es considerada como una sustancia hidrocoloidal que al contacto con el agua producen espesamiento o gelificación, esta viscosidad permite una mayor plastificación y formación de espesantes y películas comestibles y recubrimientos para alargar la vida de anaquel y mejorar la calidad de alimentos frescos, congelados y procesados, lo que lo convierte en una gran alternativa para la producción de bioplásticos.

2.2 Almidón de papa residual

Es un polisacárido de alto peso molecular, compuesto por dos macromoléculas amilopectina y amilasa, esta última al disolverse en agua adquiere una estructura secundaria de forma helicoidal. La funcionalidad del almidón permite una mejor resistencia mecánica y flexibilidad, el cual es el más utilizado para la elaboración de bioplásticos a nivel mundial (Vargas, 2017).

3 Extracción del mucilago de nopal

El nopal utilizado fue obtenido de uno de los cultivos de nopal de la cooperativa Coopmulsevida ubicada en Pesca Boyacá, se eligieron cladodios entre 1 a 3 años, libre de mancha de asfalto (enfermedad común en este tipo de plantaciones) se obtuvo teniendo en cuenta la metodología propuesta por los siguientes autores con ciertas modificaciones: Abraján, 2008: molienda (1:4 nopal, agua) cocción 90°C ; precipitación 1:3 nopal-isopropanol.





Figura 1. Proceso de extracción del mucilago de nopal por técnica de cocción y solventes

4 Elaboración de recubrimiento comestible

Para su elaboración se realizaron 8 pruebas por duplicado a diferentes concentraciones para obtener 16 ensayos las cuales se dividen en dos para un total de 32 probetas. El diseño experimental se llevó a cabo en un software Minitab, a nivel general se realizó una mezcla entre almidón de papa y agua destilada en una plancha de calentamiento y se adicionaron los plastificantes: glicerol y el mucilago de nopal como se describen en la siguiente tabla y finalmente se llevó a horno de secado por 24 h a una temperatura no mayor a 50° C.

Tabla 1. Diseño experimental para elaboración del recubrimiento

Orden Corrida	Orden Est	Nopal %	Almidón y H ₂ O %	Glicerol %
1	2	10	20	8
2	16	15	50	8
3	13	15	33.33	5
4	4	10	25	8
5	9	15	20	5
6	17	10	20	5
7	31	15	50	5
8	28	15	25	8
9	6	10	33.33	8
10	14	15	33.33	8
11	23	10	50	5
12	24	10	50	8
13	1	10	20	5
14	22	10	33.33	8
15	27	15	25	5
16	3	10	25	5
17	15	15	50	5
18	11	15	25	5
19	29	15	33.33	5
20	8	10	50	8
21	20	10	25	8
22	25	15	20	5

23	10	15	20	8
24	19	10	25	5
25	32	15	50	8
26	30	15	33.33	8
27	18	10	20	8
28	12	15	25	8
29	5	10	33.33	5
30	7	10	50	5
31	21	10	33.33	5
32	26	15	20	8

En la anterior tabla se expresa las 32 pruebas obtenidas aleatoriamente a partir de diferentes concentraciones de almidón y H₂O: 20% (1:4); 25 % (1:3); 33.3% (1:2) y 50% (1:1). Se estableció dos volúmenes de mucilago de nopal 10 % y 15 % dados y un volumen de glicerol de 5 % y 8 % para la elaboración de cada probeta.

5 Conclusiones

La incorporación de mucilago de nopal de Opuntia ficus indica en soluciones que el almidón puede ser un aditivo alternativo y adecuado para la elaboración de recubrimientos alimenticios en compuestos basados en almidón, ya que permite aumentar la gelatinización como se observó en 32 probetas.

Como mezcla óptima se obtuvo las concentraciones reportadas en la probeta 7 con concentración 50% (almidón y agua destilada), (5%) glicerol y la incorporación 10 % de mucilago de nopal, como se observa en la imagen 3 de la figura 2.

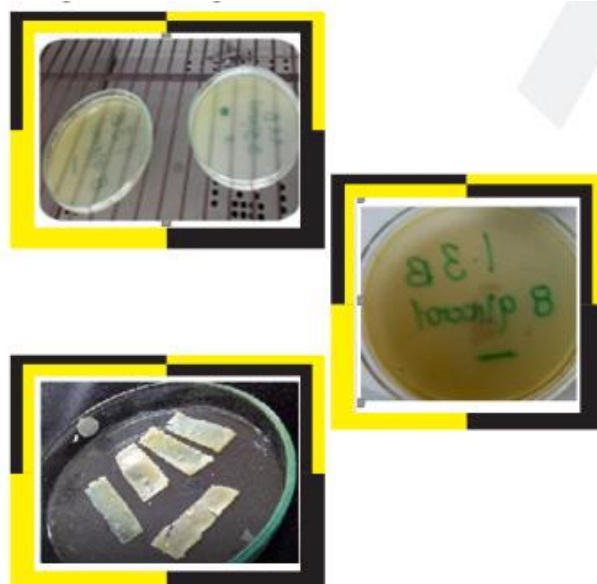


Figura 2. Se reportan los recubrimientos con mejor adhesión en mezcla de los sustratos



Recomendaciones

Se recomienda usar otras técnicas de extracción para aumentar la cantidad de mucilago, asimismo realizar una modificación por síntesis química a las materias primas para aumentar las propiedades de resistencia y flexibilidad y así disminuir su degradación.

Agradecimientos

Agradamientos al Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro Minero Regional Boyacá y al Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación SENNOVA, por facilitarnos recursos económicos, humanos y toda la logística necesaria para poder desarrollar este trabajo de investigación en el área de química aplicada a la industria y la formación profesional integral. Asimismo, al Ing. Nairo Rodríguez a mis compañeras de formación Estefanía Izquierdo Bermeo, Katerin Galvis y Linda Fonseca por el acompañamiento al proceso.

Referencias

Abraján-Villaseñor, M. A. (2008). Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible. *Tesis doctoral no publicada*. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de de alimentos. Valencia, España

Falguera, V et al (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*. 22. 292-303. 10.1016/j.tifs.2011.02.004.

Guzmán, E., Pérez, L., Loredó, K., Meneses, P. & Ponce, H. (2014). aprovechamiento del mucilago de nopal verdura (*Opuntia ficus*) para el desarrollo de películas biodegradables comestibles. 1er Simposio Nacional de Investigación e Innovación en Ingeniería Química: Innovación competitiva para el futuro. San José de la Trojes, Matehuala, SLP. México.

Martínez, G. y Saravia, V. (2013). Plásticos biodegradables producidos por microorganismos. *Uguguay y Ciencia*, [en línea] (16), pp.22-23. Disponible en : <https://bit.ly/2y1zApg> [Acceso 4 Sep. 2018].

Medina-Torres et al., (2000) Rheological properties of the mucilage gum (*Opuntia ficus indica*) *Food Hydrocolloids*, 14 (5), pp. 417–424.

Mendoza, B., Gómez, E., Hernández, E., Rodríguez, A. y Chavarría, N. (2014). Elaboración y caracterización de películas biodegradables a partir de mucilago de nopal-caseinato de sodio y mucilago de nopal-pectina. *ECORFAN Ciencias Agropecuarias*, [en línea] 2(1), pp.130-136. Disponible en : <https://bit.ly/2BMGwen> [Acceso el 16 Agosto 2018].

Moreno, A., Humarán, V., Báez, E., Báez, G. y León, A. (2017). Transformación del almidón de papa, mucilago de nopal y sábila en bioplásticos como productos de valor agregado amigables con el ambiente. *Ra Ximhai*, [en línea] 13(Especial), pp.365-382. Disponible en: <https://bit.ly/2P2ma2C> [Acceso el 9 Agosto. 2018].

Trachtenberg y Mayer (1980) Biophysical properties of *Opuntia ficus-indica* mucilage *Phytochemistry*, 21 (12), pp. 2835–2843.

Valero-Valdivieso, M., Ortégón, Y. y Uscategui, Y. (2013). Biopolímeros: avances y perspectivas, *Dyna*, 80(181), p. 171-180.

Vargas, P. (2017). *Caracterización del almidón residual agroindustrial de papa y su aprovechamiento para elaboración de productos oxobiodegradables en el departamento de Boyacá*. Maestría. Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia (UPTC).





Formación en Operación de Maquinaria pesada para excavación
SENA Regional Boyacá - Centro Minero
Fuente: SENA

Programa de Bienestar al Aprendiz SENA
Regional Boyacá - Centro Minero
Fuente: SENA



Formación en Montaje Electromecánico de Instalaciones Mineras Bajo Tierra
SENA Regional Boyacá - Centro Minero
Fuente: SENA

