



Extracción de almidón de semillas de aguacate y mango para la obtención de biopelículas

Jhoana Patricia Montenegro Córdoba¹

Hugo Andrés Gomajoa Enríquez²

Ángela Daniela Malte Oliva³

Leidy Johana Escobar Jiménez⁴

Cítese como: Montenegro-Córdoba, J. P., Gomajoa-Enríquez, H. A., Malte-Oliva, Á. D. y Escobar-Jiménez, L. J. (2022). Extracción de almidón de semillas de aguacate y mango para la obtención de biopelículas. En L. E. Vera-Hernández (Ed.), *Sostenibilidad de procesos desde la economía circular en el contexto de la pospandemia covid-19* (pp. 17-25). Editorial UNIMAR. <https://doi.org/10.31948/editorialunimar.163.c3>

Resumen

A nivel mundial, los residuos sólidos orgánicos se generan en grandes cantidades, en su mayoría, sin darles el tratamiento adecuado, produciendo impacto ambiental y riesgos a la salud. La investigación se enfocó en la extracción y caracterización del almidón de semillas de aguacate y mango y la posterior obtención de las biopelículas. Inicialmente, se realizó la caracterización de la materia prima y extracción del almidón; luego, se obtuvo y caracterizó las biopelículas; se planteó un diseño experimental multifactorial (nivel de confianza 95 %) con análisis ANOVA, las variables respuesta fueron las siguientes: resistencia (kPa) y elongación (%). Como valor máximo de resistencia se obtuvo 0.68 kPa. La elongación estuvo entre 115,3 % y 340 %. Se definió que, las películas compuestas por 50 % almidón aguacate y 50 % almidón mango obtuvieron características de resistencias y elongación más sobresalientes. Los resultados arrojan que las biopelículas sin ningún aditivo no pueden compararse con el plástico tradicional, incumpliendo la Resolución 683 del 2012; sin embargo, tienen gran potencial, siendo estudiado mediante la optimización del proceso y aplicando un agente aditivo.

Palabras clave: semillas, aguacate, mango, almidón, bioplástico.

¹Grupo de Investigación, Innovación, Desarrollo y Optimización de Procesos (GIIDOP), Programa de Ingeniería de Procesos, Facultad de Ingeniería, Universidad Mariana, San Juan de Pasto, Colombia. Correo electrónico: jmontenegro@umariana.edu.co

²Grupo de Investigación, Innovación, Desarrollo y Optimización de Procesos (GIIDOP), Programa de Ingeniería de Procesos, Facultad de Ingeniería, Universidad Mariana, San Juan de Pasto, Colombia. Correo electrónico: hgomajoa@umariana.edu.co

³Grupo de Investigación, Innovación, Desarrollo y Optimización de Procesos (GIIDOP), Programa de Ingeniería de Procesos, Facultad de Ingeniería, Universidad Mariana, San Juan de Pasto, Colombia. Correo electrónico: amalte@umariana.edu.co

⁴Grupo de Investigación, Innovación, Desarrollo y Optimización de Procesos (GIIDOP), Programa de Ingeniería de Procesos, Facultad de Ingeniería, Universidad Mariana, San Juan de Pasto, Colombia. Correo electrónico: leidyesobar@umariana.edu.co



1. Introducción

“El desarrollo de polímeros sintéticos es considerado uno de los grandes avances del siglo XX, debido a la multiplicación de sus posibilidades de uso, no solo en la industria sino en la vida cotidiana” (Valero-Valdivieso et al., 2013, p. 171). La popularidad de los plásticos dentro de la sociedad radica en que son livianos, económicos, inalterables y resistentes a la oxidación, entre otras características que los ponen en la pirámide de los productos de uso cotidiano con mayor versatilidad; algunas de estas características también se constituyen como desventajas, debido a que son residuos de difícil eliminación, su acumulación causa daños ambientales y pérdidas económicas para los gobiernos (Valero-Valdivieso et al., 2013). Los biopolímeros suponen una salida, ya que su procesamiento puede ser similar al de los plásticos convencionales; son basados en fuentes renovables provenientes de fuentes como el almidón o celulosa (Valero-Valdivieso et al., 2013). El enfoque del presente estudio fue el aprovechamiento de los residuos (semillas de aguacate y mango) como fuentes de almidón, debido a que, una vez se generan, se consideran como desechos y son dispuestos en el relleno sanitario; una vez allí siguen siendo foco de contaminación, sin tener una utilidad diferente (Guzmán y Macías, 2012).

2. Metodología

2.1 Caracterización del almidón extraído de las fuentes de almidón

2.1.1 Extracción de almidón semilla de aguacate y de mango

Las semillas de aguacate se lavaron y se cortaron con ayuda de un rallador manual, para evitar el proceso de oxidación se realizó un pretratamiento con la adición de ácido acético comercial (concentración 3-5 %) en relación 1:1; luego se agregó en relación 1:1 muestra/agua, que se usó para simplificar el proceso de trituración. Para las semillas de mango, se siguió la metodología planteada por Ruiloba et al. (2018). Luego, la semilla de aguacate y de mango, por separado, se redujeron de tamaño usando la licuadora industrial, marca *Te Equipos* de 12 l. Posterior a ello, se filtraron por medio de un tamiz (*Alphalabs*) N.º 100. La mezcla se la dejó al aire libre durante 6 horas para obtener la precipitación de la pulpa de la semilla. El precipitado se secó en el horno *Thermo Electron Led 6 Mhb OMS60*, a 70 °C durante 2.5 horas. De esta manera, se obtuvo el polvo seco de almidón; se adaptó la metodología de Akbar et al. (2013) para el tamizado.

2.1.2 Cuantificación de almidón

Se realizó la curva de calibración siguiendo la metodología de Schneider et al. (2010), la cual se la adaptó para el presente estudio. Se midió la absorbancia en el espectrofotómetro UV vis *Thermo Scientific GENESYS*, a 610 nm.

2.1.3 Humedad

Se utilizó el método seco en termobalanza descrito por Benavides et al. (2018). El porcentaje de humedad lo generó el equipo mediante la diferencia de peso.



2.1.4 Temperatura de gelatinización

Se siguió la metodología descrita por Aristizábal y Sánchez (2007) y Benavides et al. (2018). Posteriormente, de la formación de la pasta, con la ayuda de un termómetro, se tomó el valor de la temperatura.

2.2 Evaluar la calidad de las películas de bioplástico a partir del almidón de semillas de aguacate y mango

2.2.1 Preparación de la película por el método Casting

Se siguió y adaptó la metodología planteada por Ruiloba et al. (2018). Se colocó en un Erlenmeyer almidón de semilla de aguacate o de mango y agua, manteniendo las proporciones de 1:3 (m/v), después se agregó 1,2 mL ácido acético (5 % acidez) /g al almidón de semilla, se adicionó glicerina 1.2 mL/g almidón como plastificante, luego se agitó la mezcla continuamente mientras se calentaba, hasta que ocurrió la gelatinización. Posteriormente, se colocó la mezcla sobre una placa Petri, engrasada con aceite vegetal para evitar la adherencia. Finalmente, se dejó la mezcla en el horno digital de precisión marca *Pinzuark*, a 30 °C por 9 días, esto con el fin de evitar que las muestras absorban humedad del ambiente (ver Figura 1).

Figura 1

Proceso de extracción de almidón



Nota. De izquierda a derecha: proceso de rallado de semilla de aguacate, pretratamiento con ácido acético, proceso de trituración en licuadora de tipo industrial, precipitación de la mezcla, secado y disminución de tamaño y tamizado. Endocarpio, rallado de semilla de mango, proceso de triturado en licuadora industrial, precipitación del almidón, disminución de tamaño, almidón seco.

2.2.2 Ensayos mecánicos

La prueba de resistencia a la tensión se evaluó de acuerdo con la norma ASTM D638-10 adaptada. Se utilizó una probeta de 12 mm de ancho y 20 mm de largo, donde se ejerció una fuerza hasta la ruptura.

El otro ensayo mecánico fue la prueba de elongación, que se calculó a partir de la prueba de resistencia y la diferencia entre los valores calculados experimentalmente, siguiendo la metodología de González-Cuello et al. (2017).



2.2.3 Diseño Experimental

Se planteó un diseño experimental multifactorial de respuesta con tres niveles en cada factor (3^3), las variables de respuesta fueron la resistencia (kPa) y elongación (%) de las biopelículas. Se realizó un análisis de varianza ANOVA, con un nivel de confianza de 95 %, posterior a ello, se realizó una prueba Tukey. En la Tabla 1 se observa el diseño experimental.

Tabla 1

Diseño experimental

ID	Almidón de aguacate (%)	Almidón de mango (%)	Agua (%)
M1	20	50	20
M2	20	80	80
M3	50	50	20
M4	80	80	50
M5	50	20	80
M6	50	80	50
M7	50	20	20
M8	50	80	20
M9	20	80	50
M10	20	20	50
M11	20	20	20
M12	80	50	80
M13	80	80	20
M14	50	20	50
M15	20	50	80
M16	50	80	80
M17	80	20	80
M18	50	50	50
M19	20	20	80
M20	80	20	20
M21	80	50	20
M22	80	80	80
M23	50	50	80
M24	20	80	20
M25	80	50	50
M26	80	20	50
M27	20	50	50



Los valores de agua se establecieron de acuerdo con los criterios de Fernández y Ruiz (2016). El valor ideal expresado en porcentaje fue del 80 %; se estableció tres niveles, uno por encima y otro por debajo de este valor (20, 50 y 80), siendo el 80 %, en este caso, el nivel intermedio. Para los valores de almidón se estableció tres niveles, que representan el nivel intermedio de este estudio.

3. Resultados

3.1 Caracterización del almidón extraído de las fuentes de almidón

3.1.1 Cuantificación del almidón

Luego de realizar la medición de la absorbancia, la cuantificación del porcentaje de almidón de aguacate fue de 37,45 % y para mango fue de 43,22 %. La variación de los porcentajes de obtención de almidón puede estar relacionada con las metodologías utilizadas. Ortiz (2019) menciona que una de las variables que afecta el resultado de la extracción puede ser el tiempo de sumersión de la semilla, proceso realizado para el acondicionamiento de la materia prima. Otra de las variables que inciden en el resultado de porcentaje de extracción es el tamaño de dichos gránulos (Izagirre et al., 2011; Ortiz, 2019).

3.1.2 Humedad

El valor obtenido de humedad fue de 11,825 % para el almidón de aguacate, y de 14,073 % para el almidón de mango, valor aceptable dentro de la escala de Moorthy (2012), quien señala que el contenido de humedad de los almidones varía entre 6-16 %, teniendo en cuenta que contenidos superiores pueden conducir a daño microbiano y subsecuente deterioro de la calidad (Meaño et al., 2014). Las variaciones pudieron ser por las diferencias entre las características como clima, suelo, el tiempo de recolección de la fruta o región donde se produce; los resultados también pueden variar por la etapa de maduración del fruto y de las semillas (Nzikou et al., 2010; Gutiérrez et al., 2015).

3.3.3 Temperatura de gelatinización

La temperatura de gelatinización, de manera experimental, para el almidón de mango fue de 80 °C y para el almidón de aguacate fue de 76°C. Hernández (2018) señala que las temperaturas de gelatinización con mayor concentración de almidón suelen pasar los 50 °C. Las propiedades de gelatinización están relacionadas con la masa molar, con la composición del almidón (relación amilosa/amilopectina) y con la estructura del gránulo (relación entre el amorfo y el cristalino regiones), que varían según el origen del almidón (Hu et al., 2016; Ferraza et al., 2018).

3.2 Obtención de las biopelículas

3.2.1 Obtención de las películas

Los valores de agua se establecieron según Fernández y Ruiz (2016), el valor ideal expresado en porcentaje es de 80 %; por lo tanto, se estableció tres niveles, uno

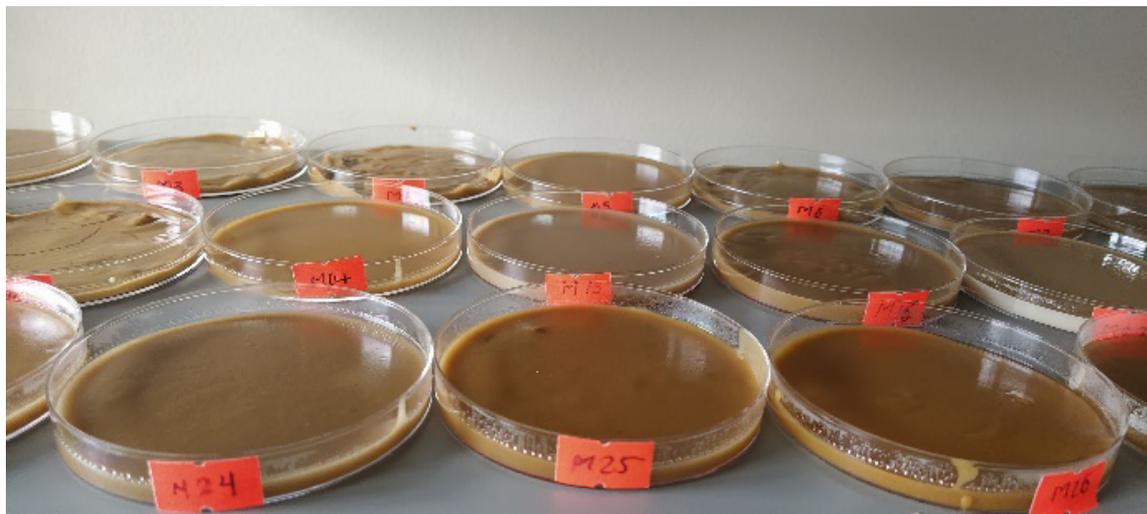


por encima, y otro por debajo de este valor (20, 50 y 80), siendo el 80 %, en este caso, el nivel intermedio. Para los valores de almidón se estableció tres niveles, que representan el nivel intermedio de este estudio. La formulación utilizada para el presente estudio tuvo como fase inicial una revisión teórica, donde se estableció los valores en gramos para los almidones y el porcentaje de agua, los cuales fueron descritos en la metodología de la presente investigación.

En cada muestra se mezcló valores diferentes (gramos) de almidón de semilla de aguacate y mango, como también de agua (mL), según lo descrito en el diseño experimental, en la Figura 2 se puede observar los resultados.

Figura 2

Muestras de películas



3.2.2 Elongación de las películas

Según Fernández y Vargas (2015), los valores de porcentaje de elongación para los bioplásticos están en un rango de 27-900 %, que pueden ser comparados con los valores que se encitraron en esta investigación: entre el 115,3 % y el 340 %. Cortés et al. (2014) refiere:

Las películas tienden a absorber grandes cantidades de agua a partir del momento de su producción, causando una disminución en el esfuerzo e incremento en la elongación debido a que el agua absorbida actúa como un plastificante que incrementa la movilidad de la cadena polimérica. (p. 92)

Las propiedades de elongación van a obtener valores más altos cuando se emplean temperaturas más bajas y mayores concentraciones de plastificante (Oropeza et al, 2016). Para esta investigación, el factor con mayor incidencia sobre la elongación es el porcentaje de aguacate, con un nivel de confianza del 95,0 %. La prueba Tukey



para elongación y su análisis de medias permitió determinar que los niveles donde existen diferencias significativas fueron 20-50 y 20-80.

3.2.3 Análisis del diseño experimental

La muestra 10 con 20 % almidón aguacate, 20 % almidón mango y 50 % agua cumple al menos una de las características, de las variables analizadas. El análisis permite establecer que la resistencia (kpa) y la elongación (%) deben ser los datos máximos combinados de la experimentación para lograr evaluar la hipótesis de la investigación. Para concluir, se puede decir que, aunque en la mayoría de las pruebas realizadas se encontró un valor $p < 0,05$, la hipótesis planteada para esta investigación no puede ser aceptada, debido a que dentro del proceso de obtención de películas biopoliméricas, estas no cumplen con lo establecido en la Resolución 683 del 2012, sin embargo, se propone seguir estudiando y trabajando con estas biopelículas.

4. Conclusiones

Se realizó en total 54 muestras, de las cuales se definió que las películas que tienen igual contenido de almidón de las dos semillas dieron como resultado características más sobresalientes, de esta manera, el biopolímero resultado puede ser estudiado para un uso potencial.

La variación del porcentaje de almidón de semillas presentó incidencias directas significativas en cuanto a la resistencia y la elongación de las películas, variables estudiadas para el diseño experimental.

Se plantea, en esta investigación, que, por las características encontradas, el material debe ser evaluado para posibles usos alternos a los de la normatividad como películas biopoliméricas, para recubrimiento de alimentos, teniendo en cuenta que existen estudios que lo demuestran.



Referencias

- Akbar, F., Zullisma, A., & Harap, H. (2013). Pengaruh waktu simpan film plastik biodegradasi dari pati kulit singkong terhadap sifat mekanikalnya. *Jurnal teknik kimia USU*, 2(2), 11-15. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i2.1431>
- Aristizábal, J. y Sánchez, T. (2007). *Guía técnica para la producción y análisis de almidón de yuca*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). <http://www.fao.org/3/a1028s/a1028s00.htm>
- Benavides, Y., Charfuelan, A. y Valenzuela, F. (2018). *Aprovechamiento de la papa (Solanum tuberosum) tipo cuarta categoría del municipio de Cumbal, Nariño para la obtención de bioempaques* [Tesis de pregrado inédita]. Universidad Mariana.
- Castillo F. (2016). Materiales y sus propiedades. *Cautitlan Izacalli*. http://olimpia.cautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m1/materiales_1.pdf
- Cortés, J., Fernández, A., Mosquera, S. y Velasco, R. (2014). Evaluación de propiedades mecánicas ópticas y de barrera en películas activas de almidón de yuca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 88-97. DOI: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n1/v12n1a11.pdf>
- Fernández, J. y Vargas, P. (2015). *Elaboración de un plan de negocios para determinar la factibilidad de la producción de bioplásticos a partir de papa en contra de la contaminación en Colombia* [Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada]. RI UMNG. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/13350>
- Ferraza, C., Fontes, R., Fontes, G., Calado, V., López, O. y Rocha, M. (2018). Extraction, modification, and chemical, thermal and morphological characterization of starch from the agroindustrial residue of mango (*Mangifera indica* L) var. Úba. *Starch: Biosynthesis Nutrition Biomedical*, 71(1-2), 1-4. <https://doi.org/10.1002/star.201800023>
- González-Cuello, E., Pérez-Mendoza, J. y García-Zapateiro, L. (2017). Efecto de la adición de goma gelana sobre las propiedades de barrera y físico mecánicas de biopelículas binarias. *Información Tecnológica*, 28(1), 143-150. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000100014>
- Gutiérrez, C., Rivera, Y., Gómez, R., Bastidas, V. y Izaguirre, C. (2015). Extracción y caracterización de grasa y almidón de la almendra de mango variedad Alphonso (*Mangifera indica* L). *Revista Facultad de Farmacia*, 57(2), 33-42.
- Guzmán, M. y Macías, C. (2012). El manejo de los residuos sólidos municipales: un enfoque antropológico. El caso de San Luis Potosí, México. *Estudios sociales*, 20(39), 235-262. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41723281009>
- Hernández, K. (2018). *Formulación y caracterización de películas comestibles de almidón de papa nativo y modificado* [Tesis de pregrado, Universidad Veracruzana, Instituto de Ciencias Básicas]. Archivo Digital. <https://www.uv.mx/mca/files/2018/01/KAREN-ANNAI-HERNANDEZ-CABRERA.pdf>



- Hu, H., Liu, W., Shi, J., Huang, Z., Zhang, Y., Huang, A., Yang, M., Qin, X., & Shen, F. (2016). Structure and functional properties of octenyl succinic anhydride modified starch prepared by a non-conventional technology. *Starch-Stärke*, 68(1-2), 151- 159. <https://doi.org/10.1002/star.201500195>
- Izaguirre, A., Lanás, J. y Álvarez, J. (2011). Efecto de un polímero natural biodegradable en las propiedades de morteros de cal en estado endurecido. *Materiales de Construcción*, 302, 257-274. <https://doi.org/10.3989/mc.2010.56009>
- Meaño, N., Ciarfella, A. y Dorta, A. (2014). Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame Congo (dioscorea bulbifera l) para predecir sus posibles usos tecnológicos. *Saber Revista Multidisciplinar del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, 26(2), 182-187. <https://www.redalyc.org/pdf/4277/427739467011.pdf>
- Moorthy S. (2012). Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: A Review. *StarchStärke*, 54(12), 559-592. [https://doi.org/10.1002/1521-379X\(200212\)54:12<559::AID-STAR2222559>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1521-379X(200212)54:12<559::AID-STAR2222559>3.0.CO;2-F)
- Nzikou, J., Kimbonguila, A., Matos, L., Loumouamou, B., Pambou, N., Ndangui, C., Abena, A., Silou, T., Scher, J., & Desobry, S. (2010). Extraction and characteristics of seed kernel oil from mango (*Mangifera indica*). *Researcha Journal of Environmental and Earth Sciences*, 2(1), 31-35.
- Oropeza, R., Montes, A. y Padron, C. (2016). Películas biodegradables a base de almidón: propiedades mecánicas, funcionales y biodegradación. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 7(1), 065-093. <http://oaji.net/articles/2017/4924-1495587302.pdf>
- Ortiz, M. (2019). *Evaluación de un bioplástico de almidón de semillas de mango (Mangifera indica) con aplicación potencial en envases* [Tesis de pregrado, Universidad del Bosque]. Repositorio Universidad del Bosque. <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/2106>
- Resolución 683 de 2012. (2012, 28 de marzo). Ministerio de Salud y Protección Social. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-0683-de-2012.pdf>
- Ruiloba, I., Li, M., Quintero, R. y Correa, J. (2018). Elaboración de bioplástico a partir de almidón de semillas de mango. *RIC Revista de Iniciación Científica*, 4(2), 28-32. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.0.1815>
- Valero-Valdivieso, M., Ortegón, Y. y Uscategui, Y. (2013). Biopolímeros: Avances y perspectivas. *Dyna*, 80(181), 171-180. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49628728019.pdf>