

Elaboración de bioplástico a partir de almidón de semillas de mango

Bioplastic production from mango seed starch

Ivanova Ruiloba¹, Meilyn Li¹, Rosa Quintero², Jhonny Correa^{3*}

¹ Licenciatura en Ingeniería en Alimentos – Facultad de Ciencias y Tecnología - Universidad Tecnológica de Panamá,

² Facultad de Ciencia y Tecnología - Universidad Tecnológica de Panamá

³ Grupo Ciencia y Tecnología Innovadora de Alimentos (CYTIA)- Facultad de Ciencias y Tecnología - Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen El uso desmedido del plástico y su negativo impacto ambiental ha causado una creciente demanda de alternativas sostenibles, impulsando la investigación y desarrollo de nuevos materiales amigables con el medio ambiente. En este estudio, se aisló el almidón presente en las semillas de mango verde, el cual presentó características comparables a la de otras fuentes de almidón; posteriormente, fue utilizado en la elaboración de plástico biodegradable adicionando glicerina como agente plastificante.

Palabras claves Almidón, mango, bioplástico.

Abstract The excessive use and negative environmental impact of plastic has caused a growing demand for sustainable alternatives. The research and development of new environmentally friendly materials has increased drastically in recent year. In this study, mango starch was isolated from the seed kernel, it's characteristics were compared with other starch sources and it was used to manufacture biodegradable plastics with glycerin as a plastifying agent.

Keywords Starch, mango, bioplastic.

* Corresponding author: jhonny.correa@utp.ac.pa

1. Introducción

Los plásticos convencionales se hacen a base de polímeros provenientes del petróleo [1], el cual no es un recurso sostenible. En consecuencia, se han desarrollado materiales a partir de biomasa y la industria correspondiente espera un incremento en la demanda de los mismos en los próximos años. Solo en el 2015, se destinó un 86.4% de tereftalato de polietileno (PET) hecho a partir de materiales biológicos en la elaboración de botellas para bebidas carbonatadas [2]. La producción de plásticos con materia prima biodegradable no soluciona el problema ambiental causado por el plástico. No todos los bioplásticos elaborados a partir de biomasa son biodegradables (compostables) [3]. Se ha reportado la biodegradabilidad de ciertos plásticos convencionales a través de descomposiciones enzimáticas por microorganismos y hongos; sin embargo, depende grandemente en la estructura de los polímeros y de la presencia de condiciones ambientales específicas, las cuales no son fáciles de asegurar en un vertedero convencional [4]. El desarrollo de materiales a base de polímeros orgánicos a partir de biomasa que sean biodegradables se han enfocado en el almidón el cual es un

material abundante, económicamente competitivo con el petróleo.

Entre las principales fuentes de almidón para la industria podemos mencionar: la papa, el trigo, arroz, cebada, avena y soya. [5] A pesar del alto contenido de almidón de estos productos, comprometer la producción de los mismos para la elaboración de derivados del almidón y no destinarlos para el consumo puede conllevar un problema en el futuro si en algún momento pelagra la seguridad alimentaria [6]. Cifras de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) indican que para el 2050, la producción de alimentos deberá incrementar en un 70% para poder alimentar a la población mundial [7].

Debido a que el almidón es la forma de almacenamiento energético más común en el mundo vegetal, existen otras fuentes del mismo. En este caso, se propone el uso de la semilla de mango como fuente de almidón.

El mango es un fruto proveniente de la planta Mangifera indica que posee un fruto en forma ovalada alargada, carnosa, con una semilla en su interior. El embrión interno de la semilla, del cual se extrae el almidón, generalmente mide 4-7 cm de largo; 3-4cm de ancho, y 1 cm de espesor [8]. Se reporta que las semillas de mango contienen alrededor del

60.44% de almidón [9]. Para el aprovechamiento de este almidón, no es necesario comprometer el fruto mismo debido a que todo el almidón se extraería de la semilla, la cual generalmente es desechada.

En Panamá, el mango es un fruto muy abundante. Los registros del 2010 mostraron que existían 80 hectáreas que produjeron 200 toneladas de mango para consumo local y 118 hectáreas de sembradíos de carácter de exportación. Los mayores productores están localizados en el Arco Seco que incluye Herrera, Coclé y Los Santos [11].

Existen pocos estudios acerca de caracterizaciones de almidón extraídos de la semilla del mango o películas biodegradables hechas a base del mismo [8 y 9]. Los estudios actuales han obtenido resultados satisfactorios para variedades de mango de África y Asia. Señalan que existen ligeras diferencias en las propiedades de los almidones de las distintas variedades de mango (contenido de almidón de la semilla, contenido de amilosa, capacidad de retención de agua y gelatinización), pero la calidad de los almidones es buena, con buen potencial para el desarrollo de aplicaciones industriales. Recientemente, se han realizado nuevos estudios que realzan el potencial de la semilla de mango para el desarrollo de procesos industriales [21 y 22]. Esto ha motivado este estudio con la intención de recolectar información que pudiera promover el desarrollo de la industria de mango en Panamá [12].

2. Materiales y métodos

2.1 Materia prima

Se obtuvieron los frutos de mango completamente desarrollados, pero aún verdes, de dos diferentes regiones: Panamá Oeste y Bocas del Toro.

2.2 Humedad de las semillas de mango

Se determinó la humedad de las semillas con el Analizador de humedad marca Precisa Serie 335XM, utilizando 5 g de semilla. El análisis se realizó por triplicado.

2.3 Aislamiento del almidón

Se removió el mesocarpio manualmente y se extrajo el interior de la semilla removiendo su cubierta exterior. La semilla se secó en un deshidratador de alimentos (PRESTO, USA) durante 16 horas a 50 °C, luego fue removido el mesocarpio manualmente, posteriormente se molió con un molino.

La harina obtenida de la semilla se colocó en agua en una proporción 1:4, luego el homogenizado se filtró 4 veces. Se centrifugó el sobrenadante a 3500 rpm x 15 min. El sedimento correspondiente al almidón se secó en el deshidratador de alimentos a 38 °C por 13 h, posteriormente

se tamizó en una malla de 60 mesh y fue almacenado a temperatura ambiente en un frasco de vidrio [13].

2.4 Caracterización del almidón de semilla de mango

Determinación de humedad: Se determinó la humedad del almidón de la semilla de mango con el Analizador de humedad marca Precisa Serie 335XM. El análisis se realizó por triplicado.

Determinación del contenido de Amilosa y Amilopectina:

El análisis se realizó de acuerdo a la metodología descrita por G. Hassan, L. [9] Se pesó 0.1 g de almidón de semilla de mango y se adicionó 1ml de etanol al 99% y 9 ml de NaOH 1 M. Se calentó la solución durante 10 minutos hasta gelatinizar el almidón. Después de enfriarse, se aforó en un matraz volumétrico a 100 ml. Luego se extrajo una alícuota de 5 ml, se añadió 1ml de ácido acético 1 M y 2 ml de solución de yodo; se aforó a 100 ml dentro de un matraz volumétrico y se leyó la absorbancia a 620 nm. El análisis se realizó por triplicado y el resultado se reportó como porcentaje de amilosa [15].

Determinación de proteínas por el Método de Kjendahl:

Se pesó 0.5 g de almidón de semilla de mango, 2 g de sulfato cúprico, 10 g de sulfato de sodio anhidro y 25 ml de ácido sulfúrico en un matraz Kjendahl. Se realizó la digestión y titulación según la descripción de Nielsen [16]. Se calculó la abundancia de nitrógeno y proteína con las siguientes fórmulas:

$$Kjendahl\ N\% = v \times M \times 0.014 \times 100/w \quad (1)$$

v: volumen consumido de ácido clorhídrico

M: Molaridad del ácido

m: masa de la muestra en gramos

0.014: mili equivalente del nitrógeno

$$Proteína\% = \%Kjendahl * F \quad (2)$$

F = 6.25 (factor proteínico por defecto) [17].

2.5 Elaboración de bioplástico por el método casting

Ensayo preliminar: Se colocó en un vaso químico almidón de semilla de mango y agua en proporciones de 1:3 (m/v). Se agregó 1 mL vinagre blanco comercial (5% acidez) /g almidón de semilla de mango para promover el rompimiento de cadenas de amilopectina. Se adicionó glicerina (1mL/g almidón) como plastificante. Se agregó una gota de colorante vegetal rojo. Se agitó la mezcla continuamente mientras se calentaba hasta que ocurriera la gelatinización; luego, se colocó la mezcla sobre un vidrio reloj engrasado con aceite vegetal para evitar adherencia de la misma al vidrio. La mezcla se dejó reposar a temperatura ambiente hasta que secó. La película resultante fue evaluada visualmente por crecimiento microbiano durante dos meses.

El segundo bioplástico, se preparó una dilución al 2% m/v de almidón de semilla de mango en agua agitando en una plancha calefactora con agitador magnético (IKA® WER-KE C-MA staufen, Alemania) por 30 minutos a temperatura entre 70°C a 90°C hasta que ocurriera la gelatinización.

Posteriormente, las disoluciones de almidón (tabla 1) fueron desgasificadas durante 15 minutos en un baño ultrasónico (Symphony). Se vertieron en platos Petri de vidrio (150 mm) previamente engrasados para evitar la adherencia y se secaron a 45 °C durante 24 h.

Tabla 1. Composición de los bioplásticos elaborados

Bioplástico	Almidón (g)	Tamizado (60 mesh)	Glicerina (ml)	Agua (ml)
control	2	-	0	100
1	2	-	1	99
2	2	+	0	100

3. Resultados y discusión

3.1 Eficiencias de la extracción

La cantidad de almidón resultante de las semillas de mango deshidratadas se indica en la tabla 2. Este rendimiento es diez veces menor comparado con el obtenido por Nawab et al [8](58%). Esto puede deberse a deficiencias en el método de extracción, el cual debe ser optimizado. También podría influir el estado de maduración de los mangos, puesto que en este estudio se utilizó mango verde. Sin embargo, los estudios previos no reportan el grado de maduración de los mangos utilizados. Se recomienda una investigación exhaustiva.

Tabla 2. Rendimiento de almidón en semilla de mango

Método	Rendimiento
Ensayo #1	4.67%

Los valores obtenidos para la humedad (tabla 3) son 5% menor que el valor más bajo (38%) reportado en la literatura [18]. Esta desviación puede relacionarse a factores ambientales del almacenamiento del fruto.

Tabla 3. Humedad de la semilla de mango

Humedad	(33.5 ± 0.8) %
---------	----------------

3.2 Caracterización del almidón

El contenido de amilosa determinado en el almidón de mango (tabla 4) es comparable al reportado en la literatura para el maíz (28%), centeno (27%), trigo (23-27%) [19], tapioca (18-23%), papa (20%) [20]. Comparado con otros almidones de mango (11-16%) [9], este valor podría ser un poco alto, pero al considerar la proteína presente (3.9%), se encuentra en el rango característico de las otras fuentes de

almidón. Se obtuvo un alto valor en la determinación de proteínas en el extracto de almidón, comparado con la bibliografía [9], lo cual podría indicar que el método de extracción no logró separar completamente las proteínas en la semilla del almidón presente.

Tabla 4. Características del almidón

Humedad	3.87±0.07 %
Amilopectina/Amilosa	2:1
Proteínas	3.9±0.1%

3.3 Bioplásticos elaborados

De las formulaciones ensayadas (tabla 1), los bioplásticos elaborados tuvieron la apariencia indicada en la figura 1.

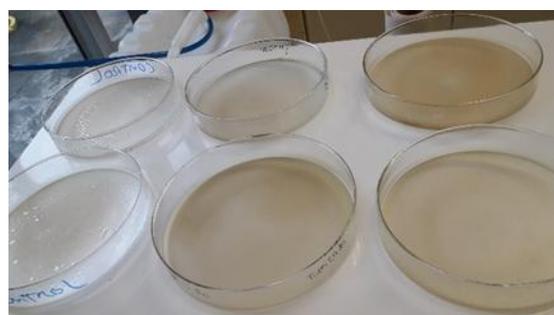


Figura 1. Apariencia adquirida por los ensayos realizados. El control (a) y el tamizado (b) no lograron ser desprendidos.





Figura 2. Apariencia de los bioplásticos con plastificante.

Las formulaciones sin plastificante no pudieron ser desprendidas de los platos, siendo esta un comportamiento característico de las películas a base de almidón sobre vidrio. Las películas con plastificante pudieron ser desprendidas sin mayor dificultad (figura 2). Este resultado evidencia el potencial de la semilla del mango como fuente de almidón para el desarrollo de biomateriales. En ensayo preliminar, un plástico coloreado fue objeto de seguimiento por crecimiento microbiano donde se pudo evidenciar la biodegradación del mismo (figura 3).



Figura 3. Crecimiento microbiano sobre el bioplástico, evidencia de biodegradación.

A través de esta investigación, consideramos que existen evidencias para justificar estudios detallados de los rendimientos de almidones a partir de semilla de mango con el objetivo de determinar la de viabilidad de la producción de almidón a partir de esta fuente en particular que pudiese abastecer una planta de producción de biomateriales.

4. Conclusión

A pesar de que la metodología utilizada en este estudio para el aislamiento del almidón presente en la semilla de mango resultara en un bajo rendimiento, valores reportados en la literatura [8 y 9] indican que existe la posibilidad para la optimización del mismo. El bioplástico elaborado demostró que el almidón aislado de las semillas de mango puede ser utilizado para la elaboración de biomateriales.

Se observó que existe potencial para el uso de la semilla de mango como fuente de almidón, cuyas características son

comparables a aquellas de almidones de uso común y siendo Panamá un gran productor de esta fruta, esperamos que este estudio motive nuevas investigaciones dirigidas al aprovechamiento de este recurso.

AGRADECIMIENTO

Los autores le agradecen al personal de la Coordinación de Química de la Facultad de Ciencia y Tecnología y a la Universidad Tecnológica de Panamá por brindar el apoyo para el desarrollo de proyectos de investigación e innovación.

REFERENCIAS

- [1] Plastic Europe- Association of Plastic Manufacturers. "How plastic is made". Disponible en la web: <http://www.plasticseurope.org/what-is-plastic/how-plastic-is-made.aspx>
- [2] Grand View Research, Inc. "Bio-based Polyethylene Terephthalate (PET) Market Analysis By Application (Bottles, Technical, Consumer Goods), By Region (North America, Europe, Asia Pacific, Central & South America), And Segment Forecasts, 2014 – 2025". Disponible en la web: <http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/bio-based-polyethylene-terephthalate-pet-industry>
- [3] Scharathow, Roland; "Driving the evolution of plastics – bioplastics markets and framework" pp.7, 2012.
- [4] Tokiwa, Y., Calabia, B., Ugwe, C., Aiba, S. "Biodegradability of plastics". International Journal of Molecular Sciences. volumen 10, pp3722-3742, 2009.
- [5] Carter, Colin A.; Miller, Henry I.; "Corn for Food, Not Fuel", New York Times, pp A21; 2012.
- [6] Liu, Lillian; "Bioplastics in Food Packaging: Innovative Technologies for Biodegradable Packaging". San Jose State University. 2006
- [7] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. "Cómo alimentar al mundo en el 2050", página 4, 2009.
- [8] Anjum Nawab, Feroz Alam, Muhammad Abdul Haq and Abid Hasnain "Biodegradable film from mango kernel starch: Effect of plasticizers on physical, barrier, and mechanical properties". Starch Journal, Volume 68, Issue 9-10, pp. 919–928, 2016.
- [9] G Hassan, L., Muhammad, A. B., Aliyu, R. U.; Idris, Z. M., Izuagie, T., Umar, K. J., Sani, N. A., "Extraction and Characterization of Starches from Four Varieties of Mangifera indica Seeds", IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC), Volume 3, Issue 6, pp 16-23, 2013.
- [10] BASF, "¿Cómo nos alimentaremos en el futuro?", Creating Chemistry Magazine, Disponible en la web: <https://www.basf.com/es/es/we-create-chemistry/creating-chemis-try-magazine/food-and-nutrition/how-will-we-feed-ourselves-in-the-future.html>
- [11] Mary Triny Zea. "Mango, nueva fruta exportable". La Prensa. 7 de febrero de 2010.
- [12] Bonilla, Adiel; "Exhibirán 40 variedades de mango en Río Hato", Diario Panamá América, mayo 12, 2015.

- [13] Albalasmeh, A. A., Asefaw, A. y Ghezzehei, T. A. A new method for rapid determination of carbohydrate and total carbon concentrations using spectrophotometry. *Carbohydrate Polymer*, volumen 97, Issue 2, pp.253-261, 2013.
- [14] Bello-Pérez, L.A., Contreras-Ramos, S. M. Romero-Manilla, R., Solorza-Feria, J. y Jimenéz -Aparicio A. Chemical and Functional properties of modified starch from Banana (*Musa paradisiaca* L. (Var. Macho). *Agrociencias* volume 36, número 2, marzo-abril 2002.
- [15] Williams, P.C., Kuzina, F.D., Hlynka, I., "A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours". Board of Grain Commissioners, Grain Research Laboratory, 1970.
- [16] Nielsen, S., Suzanne, "Análisis de Alimentos, Manual de Laboratorio". Primera Edición. Editorial Acribia, Zaragoza, España, pp. 158-160, 2007.
- [17] Müller, J. "Dumas or Kjendahl for reference analysis?", Comparison and considerations for Nitrogen/Protein analysis of food and feed". 2017.
- [18] Kittiphoom, S. "Utilization of Mang seed". *International Food Research Journal* 19 (4), 1325-1335, 2012.
- [19] FAO Corporate Document Repository. "Carbohydrates in human nutrition", Agricultural and Consumer Protection, Report Joint FAO/WHO Expert Consultation, Rome, 14-18 April 1997.
- [20] BeMiller, R., James, N., Whistler, R. "Starch: Chemistry and Technology", Tercera edición, 2009.
- [21] Anjum Nawab, Feroz Alam, Muhammad Abdul Haq, Zubala Lutfi, Abid Hasnain "Mango Kernel starch-gum composite films: Physical, mechanical and barrier properties". *International Journal of Biological Macromolecules*. 2017.
- [22] Anjum Nawab, Feroz Alam, Abid Hasnain "Mango kernel starch as a novel edible coating for enhancing shelf-life of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit". *International Journal of Biological Macromolecules*. 2017.
- [23] Alcázar, S. Almeida, M. "Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources" *Food Sci. Technol (Campinas)* vol.35 no.2, (2015).
- [24] Pilla, Srikanth, "Handbook of bioplastic and biocomposite for Engineering applications", Wisconsin Institute for Discovery, University of Wisconsin, Madison, USA, 2011, pp.6
- [25] Choe, Elizabeth; Zaidan, George; Hoel, Per; Riley, Ceri; "Bioplastic", K12videos, Massachusetts Institute of Technology.
Disponible en la web: www.k12videos.mit.edu;
<https://www.youtube.com/watch?v=iIPJk0yI5vQ>