

## Elaboración de películas de almidón a partir de residuos de papa para recubrimiento de alimentos

A. Zepeda-Hernández<sup>1</sup>, R.J.A Arreola-Hernández<sup>1</sup>, L.F. Amador-Castro<sup>1</sup>, A.A. Rico-Vázquez<sup>1</sup>  
y M.J. Rivas-Arreola<sup>2</sup>

**1** Ingeniería en Biotecnología, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Guadalajara. **2** Laboratorio de Bioprocesos, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. [mjrivas@itesm.mx](mailto:mjrivas@itesm.mx)

**RESUMEN:** En México, cada año se desperdician 788,057 toneladas de papa, alimento rico en almidón. Éste polímero se conforma por amilosa y amilopectina unidas por enlaces  $\alpha$ -1,4 glucosídicos. Las biopelículas son polímeros a base de moléculas como almidón que, con otros ingredientes, pueden servir para cubrir y conservar alimentos. Se extrajo almidón papas residuales y se empleó para elaborar biopelículas flexibles de gelatina, glicerina y almidón para el recubrimiento de alimentos. Se realizó una exploración para establecer las proporciones de la mezcla y método de secado utilizando almidón de maíz. Se realizaron mezclas con diferentes porcentajes de gelatina. Los mejores resultados cualitativos fueron con 20% de gelatina y secado a 25°C por 24 hrs. Secuentemente, se siguió la metodología, por triplicado, con el almidón de papa con proporciones de 10%, 20% y 30% de gelatina y dos controles. Se caracterizaron por porcentaje de humedad, tensión, elasticidad y grosor. Las películas más resistentes y flexibles se lograron con 20% y 30% de gelatina. Asimismo, el rendimiento obtenido de la extracción de almidón fue  $56 \pm 3.37$  g/kilo. El objetivo del trabajo es desarrollar biopelículas funcionales para cubrir alimentos con un biopolímero biodegradable y aprovechar los desperdicios de papa.

**Palabras clave:** Almidón, biopelículas, papa.

**ABSTRACT:** In Mexico, 788,057 tons of potatoes, food rich in starch, are wasted each year. This polymer is formed by amylose and amylopectin linked by  $\alpha$ -1,4 glucosidic bonds. Biofilms are polymers based on molecules such as starch that, with other ingredients, can be used to protect and preserve food. Starch from residual potatoes was extracted and used to make flexible biofilms of gelatin, glycerin and starch for food coating. An exploration was carried out to establish the proportions of the mixture and drying method using corn starch. Mixtures were made with different percentages of gelatin. The best qualitative results were achieved with 20% gelatin and drying at 25°C for 24 hrs. Subsequently, the methodology was followed, in triplicate, with potato starch with proportions of 10%, 20% and 30% gelatin and two controls. The films were characterized by percentage of humidity, tension, elasticity and thickness. The most resistant and flexible films were achieved with 20% and 30% gelatin. Likewise, the yield obtained from starch extraction was  $56 \pm 3.37$  g/kilo. The objective of the work is to develop functional biofilms to cover food with a biodegradable biopolymer and take advantage of potato waste.

**Key words:** Starch, biofilm, potato.

**Área:** Aprovechamiento y valorización de subproductos.

### INTRODUCCIÓN

La papa es el quinto alimento más consumido por los mexicanos después del maíz, el frijol, el trigo y el arroz. En el año 2017 la producción de papa fue de 1,715,499 toneladas y su cultivo representó un área de 59,256 hectáreas (FAO, 2018). Un estudio reciente del Banco Mundial en donde se analiza una muestra de 79 alimentos representativos de la dieta de los mexicanos concluye que en nuestro país se desperdician 20.4 millones de toneladas de estos alimentos cada año (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017) de los cuales la papa contribuye con un desperdicio de 788,057 toneladas, lo que representa aproximadamente el 37.89% del consumo total de este alimento (Gutiérrez, 2017). El almidón representa del 65-80 % de la materia seca del tubérculo de papa, y es el componente nutricional más importante (Vázquez et al., 2012). Este polímero puede emplearse para la fabricación de productos tales como los bioplásticos, los cuales, además de derivarse de compuestos alternativos al petróleo, se ha demostrado que generan un menor impacto medioambiental en términos de su

producción contribuyendo en menor medida con el cambio climático (Harding, Dennis, Vonblotnitz, & Harrison, 2007).

El almidón es un polímero conformado por dos moléculas: la amilosa y la amilopectina, que se encuentran unidos por enlaces  $\alpha$ -1,4 glucosídicos. Es utilizado en las industrias alimentarias, textiles, papeleras, farmacéutica, minera/petrolera y química. Si bien posee características mecánicas desventajosas en comparación con los polímeros derivados del petróleo como la alta sensibilidad al agua y el hecho de ser quebradizo, la combinación del mismo con otros polímeros hidrófobos o apolares permite lograr un aumento de la elongación y la resistencia al momento de ruptura, mayor flexibilidad, y, disminución de la permeabilidad al vapor de agua (Enríquez *et al.*, 2012; Charro, 2015). Asimismo ha demostrado un potencial para la elaboración de películas biodegradables. Las películas de almidón pueden contener plastificantes y polímeros para mejorar sus propiedades, como la glicerina, propilenglicol, gelatina, melamina, entre otros.

El objetivo del trabajo es la elaboración de películas de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) a partir de almidón extraído de residuos de papa. La extracción del almidón se realizó licuando la papa con agua corriente y filtrando. El rendimiento estandarizado de la extracción fue de  $56 \pm 3.37$  gramos por cada kilo de papa. Posteriormente, las películas se elaboraron utilizando vinagre, glicerina, almidón de papa y diferentes porcentajes de gelatina.

### MATERIALES Y MÉTODOS

*Recuperación de almidón.* Se obtuvieron papas residuales de una tienda local de Zapopan, Jalisco. Posteriormente, se lavaron con agua, jabón y un estropajo. Cada papa fue pelada y rallada. La ralladura se conservó y se pasó a una tina con agua para evitar su deshidratación, se colocó en una tela filtrante de algodón a manera de funda y se hicieron varias lavadas con agua. Se recuperó el agua de lavado en un contenedor y se dejó reposar por 12 horas, pasado el tiempo, se recuperó el precipitado de almidón en un recipiente de vidrio de 1 L de Pyrex. Posteriormente, se dejó en el horno de secado a  $50^{\circ}\text{C}$  por 12 horas. Se pesó el almidón obtenido y se molió en un polvo fino. Posteriormente, se tomó una pequeña muestra y se realizó una tinción con yodo 0.02M para observar la estructura del almidón. Finalmente, el almidón en polvo se almacenó a  $22^{\circ}\text{C}$  en un recipiente hermético evitando la entrada de humedad.

*Determinación de proporciones.* Las pruebas y el protocolo propuesto se basó en el protocolo de Jagadeesh *et al* (2016) y en el de Charro (2015). Por otra parte, se empleó glicerina como plastificante y una porción fija de ácido acético 5.2 N, que posteriormente se reemplazó con vinagre para las películas de almidón de papa, así como diferentes porcentajes de gelatina con el propósito de explorar las diferencias entre las diferentes proporciones de almidón y gelatina en las características físicas.

*Elaboración de películas de almidón de papa.* Se realizaron tres réplicas por cada tipo de película especificada en la **Tabla I**. Se pesó el almidón de papa en un vaso de precipitado de 250 mL. Se adicionaron 60 mL de agua destilada, y 10 mL de vinagre. Se dejó agitar por 5 min a 300 rpm a  $22^{\circ}\text{C}$  y se midió el pH utilizando un potenciómetro y se ajustó con vinagre y una solución de NaOH 0.1 M hasta lograr un pH entre 3 y 3.5 para evitar aglomerados en el molde. Con agitación constante, se agregaron 7.2 mL de glicerina así como la proporción correspondiente de la gelatina. Se agitó con calentamiento en una placa térmica hasta la temperatura de  $65^{\circ}\text{C}$  y se mantuvo por 45-50 minutos a 300 rpm. Se vació la mezcla viscosa en charolas de aluminio con glicerina y se esparció la muestra con una espátula, para obtener una superficie uniforme. Finalmente, las charolas se colocaron al sol a  $25^{\circ}\text{C}$  por 24 hrs y se desmoldaron.

<b>Tabla I.</b> Composición de la solución (g/60 mL de agua destilada)			
	Almidón	Gelatina	Glicerina
A. Control	15	0	7.2
B. Gelatina 10%	12	3	7.2
C. Gelatina 20%	9	6	7.2
D. Gelatina 30%	6	9	7.2
E. Gelatina	0	15	7.2

*Propiedades de las películas.* Se empleó un equipo para conocer la tensión y deformación axial de las películas y se realizaron pruebas para determinar el porcentaje de humedad y grosor, basadas en los protocolos de Charro (2015) y Podshivalov *et al.* (2017). En cada caso se calculó el porcentaje del coeficiente de variación (%CV).

A. Determinar espesor: Medir con pie de rey, con una resolución de 0,002 cm, las películas y registrar resultados. Sacar promedio.

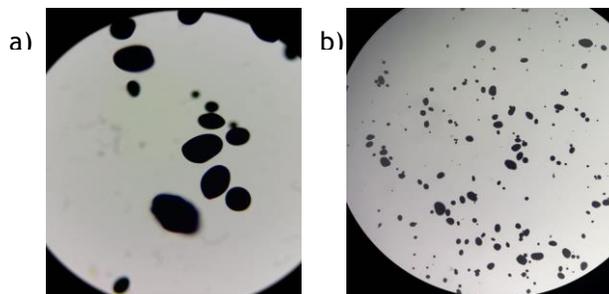
B. Determinar % de humedad: Determinar gravimétricamente la humedad pesando las películas secadas al ambiente y luego en la estufa con circulación de aire a 100°C durante 24h. Realizar tres ensayos por cada muestra. A continuación se presenta la fórmula empleada.

$$\%Humedad = [(peso\ inicial\ de\ película - peso\ final\ de\ película) / peso\ final\ de\ película * 100]$$

Asimismo, se realizó una prueba de tensión a las películas utilizando el equipo 810 para pruebas de la marca MTS, para conocer la tensión y deformación axial de las películas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la extracción de almidón de papa se obtuvo un rendimiento de 56±3.37 gramos por cada kilo de papa. Asimismo, se verificó la integridad del almidón con la tinción con yodo como se muestra en la **Figura 1**. Por otra parte, de los ensayos iniciales con almidón de maíz se determinó la composición óptima para la elaboración de las biopelículas considerando sus propiedades mecánicas cualitativas tales como flexibilidad, resistencia y uniformidad de su superficie como parámetros de evaluación.

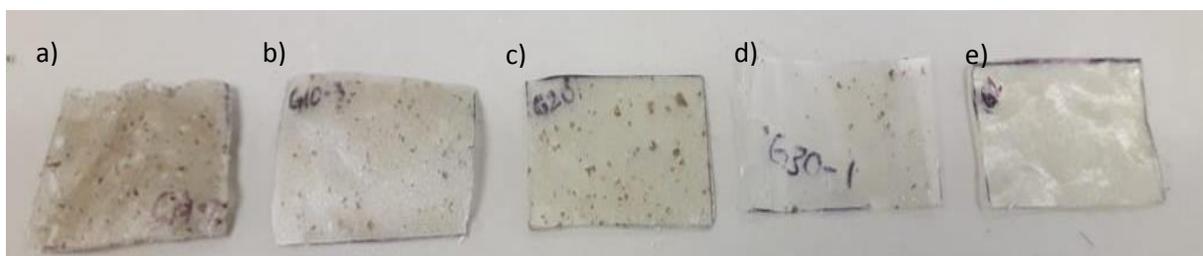


**Figura 1.** Tinción de almidón extraído a partir de papa residual con yodo 0.02M. La estructura del glóbulo de almidón se muestra íntegro. a) Vista con objetivo 10X. b) Vista con objetivo 40X.

Las primeras pruebas se realizaron con un volumen de 20 mL de agua destilada y se realizó el control de almidón, 10% y 20% de gelatina. Asimismo, se utilizó ácido acético 5.2 N. Las películas de 2-3 mm de grosor se secaron a 70°C por aproximadamente 3 horas. El control se mostró agrietado, blanquecino y flexible. Por otra parte, la película con gelatina 10% mostró mucha flexibilidad, poca resistencia, transparencia y algunas grietas en la parte más gruesa de la película. La película con gelatina 20% fue un poco más opaca por algunos gránulos de gelatina, fue poco menos flexible que la de 10% pero mostró más resistencia. El color blanquecino y la opacidad en las películas indica una falta de cocción

en el almidón (Hernández *et al.*, 2008). Asimismo, las grietas pueden deberse a la alta temperatura del secado así como el grosor de las películas. Se observó que las proporciones donde la película posee mejores condiciones mecánicas buscadas fueron al utilizar una concentración de gelatina al 20% y 10%.

Posteriormente, se utilizaron las mismas proporciones para un volumen mayor. Se realizaron películas con 60 mL de agua destilada: el control, gelatina 10%, gelatina 20%, gelatina 30% y gelatina. No obstante, en esta corrida se ajustó el pH después de haber agregado la glicerina y la gelatina, lo cual pudo haber provocado las diferencias con la primera corrida de 20 mL de agua. Asimismo, el tiempo de cocción fue de cerca de 2 horas ya que el volumen era mayor y se utilizó un vaso de precipitado de 100 mL. Se trató de alcanzar la cocción completa del almidón para evitar el color blanquecino (Hernández *et al.*, 2008). En el control y gelatina 10% las películas se agrietaron, sin embargo, mostraron flexibilidad. Las películas obtenidas con el menor porcentaje de gelatina se agrietaron, mientras que las películas con el 30% de gelatina y la de gelatina mostraron mucho más uniformes, lisas y flexibles. Finalmente, las películas de almidón de papa se realizaron con 60 mL de agua y se ajustó el pH a 3. Se ajustó el pH antes de la adición de la glicerina y se emplearon 10 mL de vinagre en vez de ácido acético ya que el vinagre contiene 3-5% de ácido acético. Esto resultó en un mejor aroma de las películas. Asimismo, la mejor cocción del almidón mostró películas sin grietas y transparentes. En la **Figura 2** se muestran cuadros de las películas resultantes.



**Figura 2.** Películas de almidón de papa extraído de papas residuales. Cuadros de 3x2 cm. De izquierda a derecha: a) control de almidón, b) 10% de gelatina, c) 20% de gelatina, d) 30% de gelatina y e) control de gelatina.

Las películas de almidón nativo de papa que se extrajo, mostraron una alta variabilidad en los resultados, sobre todo en las mediciones de humedad en los tratamientos de Gelatina 30% y 100%. Para propósitos de este trabajo, el tratamiento de Gelatina 100% no se considerará candidato a mejor tratamiento, pues requiere mantenerse a temperaturas menores que las demás películas para mantener su forma y consistencia y no derretirse. Se realizó una ANOVA de un factor ( $\alpha=0.05$ ) para cada prueba, la composición de la película resultó tener un efecto estadísticamente significativo en la media de cada prueba; sin embargo el tratamiento con el que se maximiza la tensión resistida es el de Gelatina 20%. Esto puede desembocar en una disyuntiva, pues el tratamiento no resultó el mejor en cuanto a deformación axial, en su lugar, resultó el de Gelatina 10%. Las películas de control de 100% de almidón no se sometieron a la prueba de tensión ya que estaban cuarteadas y el área no era suficiente para colocarla en el equipo. En la **Tabla II** se muestran los resultados de las tres pruebas físicas realizadas a las películas y se puede observar que, aunque la tensión que resisten las películas de Gelatina 20% es mayor a las de Gelatina 10%, la comparación entre la deformación axial de ambas está inclinada hacia las películas de Gelatina 10% incluso en una proporción mayor que en la prueba de tensión, por lo que se determinó que el mejor tratamiento es el de Gelatina 10%.

**Tabla II.** Promedios de porcentaje de humedad, tensión y deformación axial con sus respectivas desviaciones estándar y coeficientes de variación (%CV).

Tratamiento	Humedad (%)	Tensión (Pa)	Deformación axial (mm)	Grosor (mm)
Almidón 100%	15.4443±3.6522; %CV: 23.6475	-	-	1.1±0.1; %CV: 9.0909
Gelatina 10%	6.9380±1.4049; %CV: 10.2493	2422.5033±32.9025; %CV: 1.3582	34.2844±2.9381; %CV: 8.5697	1.0±0.1; %CV: 10
Gelatina 20%	22.9236±1.1577;% CV: 5.0502	2827.0794±31.5004; %CV: 5.0502	19.1553±2.8592; %CV: 14.9264	1±0.0; %CV: 0
Gelatina 30%	22.8634±12.0116; %CV: 52.5363	2593.4982±13.6069; %CV: 0.5246	30.6530±5.5401; %CV: 18.0735	0.9±0.1732; %CV: 19.2450
Gelatina 100%	8.0083±0.6467; %CV: 8.0754	2914.9773±31.6687; %CV: 1.0864	35.9160±1.0684; %CV: 2.9747	0.9±0.1732; %CV: 19.2450

## BIBLIOGRAFÍA

- Charro, M. (2015). OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE PATATA. Universidad Central de Ecuador.
- Enriquez, M., Velazco, R., y Ortiz, V. (2012). COMPOSICIÓN Y PROCESAMIENTO DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES BASADAS EN ALMIDÓN. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. Vol 10 No. 1 (182 - 192) Enero - Junio 2012
- Gutiérrez, G. (2017). Food Losses and Food Waste in Mexico: quantification and some proposals for public policy. The World Bank. Recuperado de <http://www.cec.org/sites/default/files/pdf/fww/wb-presentations/6-genaro-aguilar.pdf>
- Harding, K., Dennis, J., Vonblotnitz, H., & Harrison, S. (2007). Environmental analysis of plastic production processes: Comparing petroleum-based polypropylene and polyethylene with biologically-based poly-β-hydroxybutyric acid using life cycle analysis. *Journal of Biotechnology*, 130(1), 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2007.02.012>
- Hernández, M., Torruco, J. G., Chel, L., & Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, 28(3), 718–726. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300031>
- Jagadeesh, D., Prashantha, K., Kumar, N., Maity, A. (2016). Effect of Gelatin Content on Potato Starch, Green Composite Films. *Indian Journal of Advances in Chemical Science* 4(4) 355-361
- Parga Torres, V. M., Covarrubias Ramírez, J. M., Almeyda León, I. H., Zamora Villa, V. M., Rivera Peña, A., & Rocha Rodríguez, R. (2010). Bayonera, nueva variedad de papa para consumo en fresco y la industria de hojuelas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(5), 663–668.
- Podshivalov, A., Zakharova, K., Glazacheva, E., Uspenskaya, M. (2017). Gelatin/potato starch edible biocomposite films: Correlation between morphology and physical properties. *Carbohydr Polym.* 10;157:1162-1172. doi: 10.1016/j.carbpol.2016.10.079
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2017). Impulsa Semarnat Estrategia Nacional para Evitar Desperdicio de Alimentos. Recuperado el 18 de febrero de 2019, de <http://www.gob.mx/semarnat/prensa/impulsa-semarnat-estrategia-nacional-para-evitar-desperdicio-de-alimentos>
- Vázquez C., M.G.; Rubio C., O.A.; Salinas M., Y.; Santiago R., D. 2012. Usos alternativos de la papa en el Estado de México. INIFAP. CIRSE. CEVAMEX. México. Libro Técnico No. 15. 114 p
- Wang, L. Z., Liu, L., Holmes, J., Kerry, J. F., & Kerry, J. P. (2007). Assessment of film-forming potential and properties of protein and polysaccharide-based biopolymer films. *International Journal of Food Science & Technology*, 42(9), 1128–1138. doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01440.x