

Semilla de mango Criollo (*Mangifera indica* L.), residuo de gran potencial para la obtención de películas

Criollo mango (*Mangifera indica* L.) seed: Residue with great potential for obtaining films

Torres Diaz, Luis¹; Anticona Cabellos, Gerson¹; Romero Guzmán, Blanca Margarita^{1*}; León-Roque, Noemí¹

¹Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú

Recibido: 06/02/2026 | Aceptado: 19/06/2026 | Publicado: 06/07/2026

Correspondencia*: bromero@unprg.edu.pe

RESUMEN

El incremento del consumo de frutas y vegetales genera residuos como cáscaras y semillas que, al no ser aprovechados adecuadamente, ocasionan contaminación ambiental. En este contexto, la investigación tuvo como objetivo obtener películas biodegradables a partir de semilla de mango Criollo (*Mangifera indica* L.) de la región Lambayeque, Perú. Se utilizó mango en estado maduro, separándose la almendra de la semilla para la extracción del almidón. La caracterización de la almendra y del almidón se realizó mediante métodos AOAC-2016, y los grupos funcionales fueron identificados por espectrofotometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). Las películas se elaboraron con concentraciones de almidón de 8, 10, 12, 14 y 16% en solución acuosa (w/v), adicionando glicerina y ácido acético. Los resultados mostraron 80,51% de carbohidratos en la almendra, rendimiento de almidón de 69,50%, contenido de amilosa del 29,7±0.2% y amilopectina del 70,3±0,2%. La formulación D presentó los mejores resultados con espesor de 0,247±0,03 mm, solubilidad de 42,584±0,62 %, resistencia a la tracción de 0,376±0,08 MPa y elongación de rotura de 33,045±3,82 %, lo que evidencia adecuadas propiedades físicas y mecánicas para su potencial aplicación como material biodegradable.

Palabras clave: Almendra; almidón; elongación; resistencia; solubilidad

ABSTRACT

The increasing consumption of fruits and vegetables generates residues such as peels and seeds which, when not properly utilized, cause environmental pollution. In this context, the aim of this research was to obtain biodegradable films from Criollo mango seed (*Mangifera indica* L.) from the Lambayeque region, Peru. Ripe mangoes were used, and the kernel was separated from the seed for starch extraction. The characterization of the kernel and starch was carried out using AOAC-2016 methods, while the functional groups were identified through Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). The films were prepared using starch concentrations of 8, 10, 12, 14, and 16% in aqueous solution (w/v), with the addition of glycerin and acetic acid. The results showed 80.51% carbohydrates in the kernel, a starch yield of 69.50%, an amylose content of 29.7±0.2%, and an amylopectin content of 70.3±0.2%. Formulation D showed the best results, with a thickness of 0.247 ± 0.03 mm, solubility of 42.584 ± 0.62%, tensile strength of 0.376 ± 0.08 MPa, and elongation at break of 33.045 ± 3.82%, demonstrating suitable physical and mechanical properties for its potential application as a biodegradable material.

Keywords: Almond; elongation; starch; strength; solubility

Cómo citar este artículo: Torres Diaz, L., Anticona Cabellos, G., Romero Guzman, B. M. & León-Roque, N. (2026). Semilla de mango Criollo (*Mangifera indica* L.), residuo de gran potencial para la obtención de películas. *Revista Científica Dékamu Agropec*, 7(1), 25-37. <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v7i1.398>

1. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, la creciente preocupación por la contaminación ambiental ocasionada por los plásticos derivados del petróleo ha impulsado la búsqueda de materiales biodegradables obtenidos a partir de fuentes renovables. En este contexto, el almidón extraído de residuos agroindustriales, especialmente de frutas y vegetales, se presenta como una alternativa sostenible para la elaboración de bioplásticos y películas biodegradables, debido a su biodegradabilidad, bajo costo y menor impacto ambiental. Diversas investigaciones han demostrado el potencial del almidón de semilla de mango para este fin. Pérez López (2021) obtuvo películas biodegradables a partir de semillas de mango variedad Tommy Atkins y mango de azúcar en Colombia, reportando adecuadas propiedades físicas y mecánicas. Del mismo modo, Maulida et al. (2018) emplearon almidón de semilla de mango originario de India para fabricar bioplásticos reforzados con micropartículas de arcilla y glicerol como plastificante. Asimismo, Ruiloba et al. (2018) elaboraron bioplásticos biodegradables a partir de almidón de semilla de mango verde en Panamá, mientras que Nawab et al. (2016) utilizaron almidón de semilla de mango procedente de Pakistán para desarrollar películas biodegradables.

A nivel nacional, el Perú presenta una importante producción y consumo de frutas tropicales, entre ellas el mango, lo que genera grandes cantidades de residuos orgánicos como cáscaras y semillas. Sin embargo, gran parte de estos residuos no reciben un tratamiento adecuado ni son aprovechados industrialmente, desaprovechándose su potencial como fuente de biopolímeros naturales (Jurado-Erazo et al., 2023).

En el contexto local, en el departamento de Lambayeque, especialmente durante la temporada de verano, existe un elevado consumo de mango Criollo (*Mangifera indica* L.), generándose abundantes residuos agroindustriales. La disposición inadecuada de estos residuos contribuye a problemas de contaminación ambiental y acumulación de desechos orgánicos (Benavente et al., 2012).

El problema principal radica en el escaso aprovechamiento de la semilla de mango Criollo como fuente de almidón para la obtención de materiales biodegradables con potencial aplicación industrial (Ventura-Avalos et al., 2024). Entre las causas identificadas destacan la limitada investigación sobre el aprovechamiento de residuos de mango Criollo en la región, la falta de tecnologías accesibles para transformar estos residuos y el predominio del uso de plásticos convencionales derivados del petróleo (Mejía Giraldo et al., 2007).

De no resolverse esta problemática, continuaría el incremento de residuos orgánicos y plásticos contaminantes, afectando el medio ambiente y desaprovechando recursos naturales con potencial valor agregado para la industria sostenible.

La presente investigación se enfocó en la obtención de películas biodegradables a partir del almidón extraído de la almendra de semilla de mango Criollo. El estudio comprendió la caracterización fisicoquímica de la almendra y del almidón, así como la evaluación de propiedades físicas y mecánicas de las películas elaboradas. Entre las limitaciones del estudio se consideró el uso de una sola variedad de mango y condiciones específicas de formulación experimental.

En este sentido, la investigación tuvo como objetivo caracterizar la almendra de mango Criollo (*Mangifera indica* L.), extraer y caracterizar su almidón, elaborar películas biodegradables utilizando diferentes concentraciones de almidón y aditivos, y determinar sus propiedades físicas (espesor y solubilidad) y mecánicas (elongación y resistencia a la tracción a la rotura).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Preparación de la muestra

Mangos Criollos (*Mangifera indica* L.) maduros adquiridos en los mercados de la región Lambayeque, Perú. Se separó la cáscara, pulpa y semilla del mango, de la semilla se extrajo la almendra, se cortó en trozos pequeños y se colocó en una estufa marca Memmert a 30°C durante 48 horas, se molió, se pasó por un tamiz malla 100 mm y se empacó en films hermético hasta su uso posterior.

2.2. Caracterización de la almendra y almidón del mango Criollo

Análisis proximal: Se determinó utilizando los métodos recomendados por AOAC International 2016; determinación de humedad, método de la estufa a 105 °C (AOAC.925.10); determinación de cenizas, método directo (AOAC.923.03); determinación de proteína (AOAC.920.87); determinación de fibra cruda (AOAC. 962.09), determinación de grasas (AOAC. 930.09) y carbohidratos se determinó por diferencia (100-valores determinados anteriormente).

Grupos funcionales: Se determinó por espectrofotometría infrarroja por transformada Fourier (FTIR) mediante un espectrofotómetro infrarrojo Perkin Elmer.

Amilosa y amilopectina: Se determinó la amilosa siguiendo la metodología de Hoover & Ratnayake (2001) mediante el método espectrofotométrico, empleándose una curva de calibración de amilosa, en la muestra de almidón resultante de un desgrasado preliminar con etanol al 96% por 10 horas y la amilopectina se calculó en base al 100 % menos el contenido de amilosa.

Identificación de taninos - Método cualitativo: Se siguió el método de Ramos Briceño & Forero Castañeda (2016); a 1ml de los extractos (acuoso, etanólico) del almidón de almendra de mango, se añadió unas gotas de solución de FeCl₃, la presencia de color negro azulado indica positivo para taninos.

2.3. Extracción del almidón de la almendra de mango

Se siguió el método utilizado por Akhter et al. (2024), con algunas modificaciones, 160 gramos de harina de almendra de mango se colocaron en un vaso de precipitado de 500 ml con 200 ml de agua destilada, homogenizando con un agitador magnético por 15 min al término del cual se aforo con agua y dejando reposar por 8 horas. Transcurrido el tiempo se observó dos fases, el sobrenadante se eliminó por succión y la capa de almidón sedimentada se resuspendió en agua destilada por tres veces. Luego la torta de almidón se llevó a la estufa con circulación de aire a 40°C durante 24 h, se molió hasta ser pulverulento al tacto observando una coloración marrón, se realizó la identificación de taninos, confirmando su presencia (Figura 1).



Figura 1. Almidón parcialmente purificado utilizado en la elaboración de películas

2.4. Elaboración de las películas

Se utilizó el método seguido de Meza Ramos (2016), con modificaciones; en cinco vasos de precipitado (Formulación: A,B,C,D,E) de 250 ml, a los cuales se añadieron 50 ml de agua destilada, y se pusieron en contacto con el agitador magnético con manta térmica agitando a 350 rpm y con el indicador de temperatura apagado, se añadieron según Tabla 1. Las proporciones de almidón diluyendo poco a poco para evitar la formación de grumos por espacio de 5 minutos, agua, ácido acético, y después de 5 minutos glicerina. Se agitó en un homogeneizador a 213 rpm y alcanzando una temperatura de 90 °C. logrando la gelatinización con consistencia viscosa. Se preparó un molde resistente al calor, al cual se le añadió 2 gotas de glicerina o aceite vegetal, y se trasvasó la solución filmogénica, colocando en la estufa con circulación de aire a 37 °C por 24 horas. Después del secado se almacenó rápidamente en un desecador.

Tabla 1. Insumos para la elaboración de películas

Formulación	Almidón (g)	Agua (mL)	Glicerina (mL)	Ácido acético (mL)
A	4	50	2,0	1,2
B	5	50	2,5	1,5
C	6	50	3,0	1,8
D	7	50	3,5	2,1
E	8	50	4,0	2,4

2.5. Determinación de las propiedades físicas

Solubilidad de las películas

Siguiendo el método de Trujillo Rivera (2014), cada película según su formulación se recortó en trozos de 2x3 cm, los cuales fueron colocados en un desecador a una humedad relativa próxima al 0% por un tiempo de 7 días, se pesaron y se dispuso en un vaso de precipitado de 100 mL, para luego añadir 80 mL de agua destilada. Las muestras tuvieron una agitación constante por 1 h a una temperatura de 25°C, los trozos de películas se secaron en una estufa a 60°C por 2 h; este análisis se llevó a cabo por triplicado. El porcentaje de materia soluble (% solubilidad) se determinó mediante la fórmula:

$$\%S = \frac{\text{Peso inicial seco} - \text{Peso final seco}}{\text{Peso inicial seco}} \times 100$$

%S=Solubilidad en porcentaje

Espesor

Se determinó midiendo con el micrómetro en tres puntos (izquierda, medio y derecha) a lo largo de la película, luego se determinó el promedio.

2.6. Determinación de las propiedades mecánicas

Resistencia a la tracción

Se llevó a cabo según la norma internacional ASTM D882-02 con un tensiómetro marca Tinius Olsen H5K-S. Se prepararon probetas por triplicado de 10 cm de largo por 1 cm de ancho, para ser colocadas entre las mordazas de sujeción del equipo. La separación entre las pinzas fue de 50 cm y utilizando una velocidad de deformación de 500 mm×min⁻¹. Los resultados se calcularon con la formula:

$$Rt(N/mm^2) = \frac{F(N)}{A(mm) \times E(\mu m) \times 10^{-3}}$$

Rt: Resistencia a la tracción a la rotura (N/ mm²)

A: Ancho de la probeta (milímetros)

F: Fuerza (newtons)

E: Espesor(micrómetros)

Convirtiendo a MPa: 1 N/mm² = 1 MPa

Elongación a la rotura

Esta prueba fue calculada por la medición de la extensión máxima de la película entre la distancia final e inicial de las pinzas. Se analizó por triplicado y se calculó con la fórmula:

$$E(\%) = \frac{D_f - D_i}{D_i} \times 100$$

Di: Distancia inicial

Df: Distancia final

2.7. Análisis Estadístico

Se utilizó el Software estadístico Minitab 18 para el análisis de varianza (ANOVA) y Tukey para la diferencia significancia de $p \leq 0.05$ para los resultados de solubilidad, resistencia a la tracción y elongación de rotura de las películas.

3. RESULTADOS

3.1. Caracterización de la almendra y almidón de mango Criollo

Composición proximal

Se determinó la composición proximal de la almendra y del almidón del mango Criollo, siendo el carbohidrato el componente indispensable para la obtención del almidón, en este estudio el almidón obtenido es un “almidón parcialmente purificado” con alto contenido de proteína, fibra y grasa, así como con taninos (Figura 1), para los fines de la investigación estos no fueron separados.

Tabla 1. Composición proximal del almidón parcialmente purificado y almendra de mango Criollo de Lambayeque

Componentes	Almendra (%) ^a	Almidón (%) ^b
Humedad	9,50	8,25
Fibra	2,75	2,00
Proteína	3,99	2,39
Grasas	2,10	0,70
Cenizas	1,60	0,75
Carbohidratos	80,51	85,91

Nota ^a/ Los valores corresponden a la almendra en base seca (b.s.)

^b/ Los valores corresponden al almidón en base seca (b.s.)

Identificación de los grupos funcionales de la almendra y almidón de mango criollo

En la figura 2 se presenta el espectro FTIR de la almendra de mango Criollo y en la figura 3 del almidón, el espectro de la almendra destaca por su intensidad a 2916 cm^{-1} y 2850 cm^{-1} de estiramiento C-H, donde el carbono es sp^3 , asociado a la presencia de vibraciones alifáticas, la banda a 1743 cm^{-1} asignada al estiramiento del enlace carbonilo ($\text{C}=\text{O}$), la banda de 1614 cm^{-1} asociado a vibraciones de estiramiento ($\text{C}=\text{C}$) aromático de compuestos fenólicos o taninos y a 998 cm^{-1} asociado a vibraciones C-O y C-O-C de polisacáridos.

El espectro del almidón de almendra destaca por su intensidad a 3281 cm^{-1} está asociado a los grupos hidroxilo (OH) del almidón, y a los grupos fenólicos de los taninos, la banda 2916 cm^{-1} asociados a vibraciones C-H de grupos metileno y metilo presente en las estructuras polisacáridos del almidón, la banda 2849 cm^{-1} se asocia a los grupos $-\text{CH}_2$, la banda 1644 cm^{-1} se asocia a la flexión del enlace H-O-H del agua adsorbida debido a la humedad retenida en la estructura del almidón y la banda de 1000 cm^{-1} se asocia al estiramiento C-O y C-O-C propias de los enlaces glucosídicos de los polisacáridos del almidón (amilosa y amilopectina).

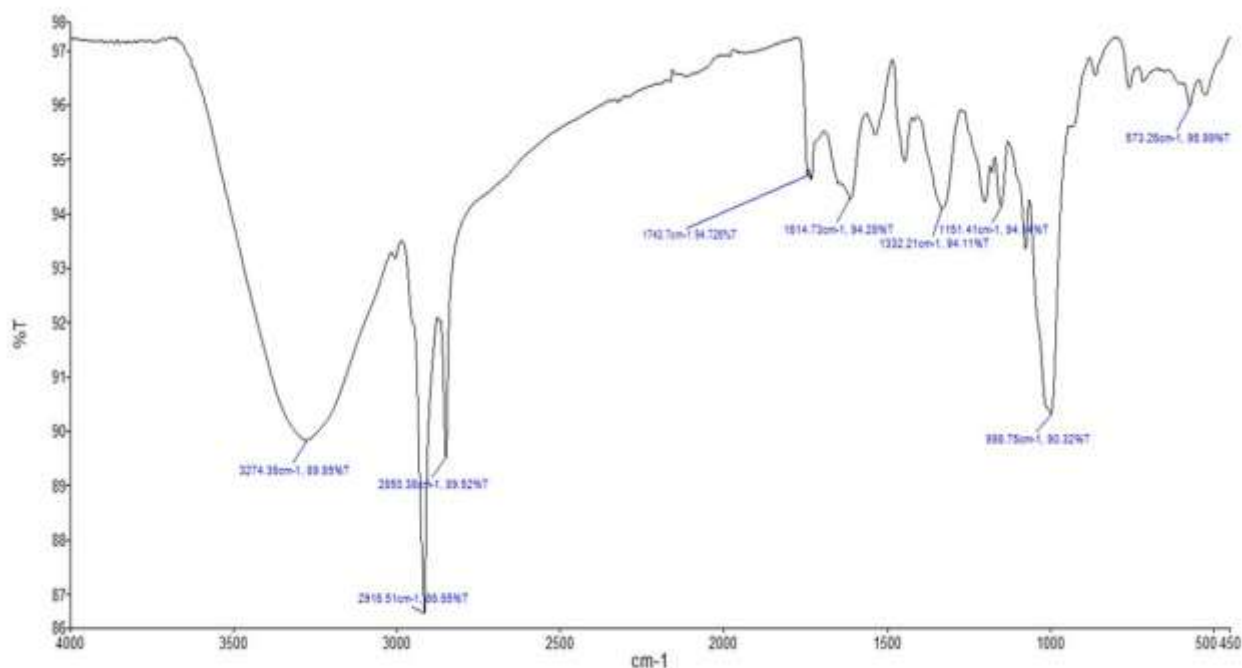


Figura 2. Espectro (FTIR) de almendra de mango criollo

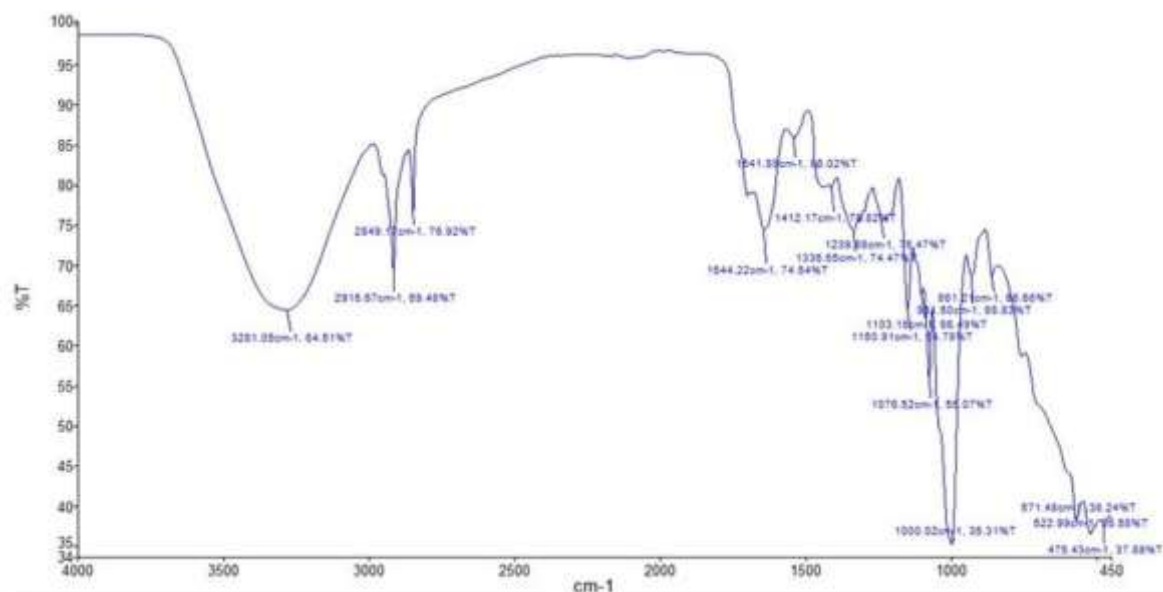


Figura 3. Espectro (FTIR) del almidón de almendra de mango criollo

Contenido de amilosa y amilopectina

En la tabla 3 se presenta el contenido de amilosa y amilopectina del almidón obtenido de la almendra de mango Criollo de Lambayeque, parámetros de gran importancia debido a que el contenido de la amilosa influye directamente en la formación de películas con mejores propiedades físicas y mecánicas.

Tabla 3. Composición de almidón de almendra de mango criollo

Polímeros	Porcentaje (%)
Amilosa	29,7±0,2
Amilopectina	70,3±0,2

Nota. Los datos se presentan como las medias ($n=3$) $\pm$ desviación estándar.

3.2. Obtención de películas de almidón de mango Criollo

En la figura 4 se observan las películas obtenidas para cada formulación descritas en la Tabla 1. La coloración presentada por las películas se atribuye a la presencia de taninos en el almidón extraído de la almendra de mango.

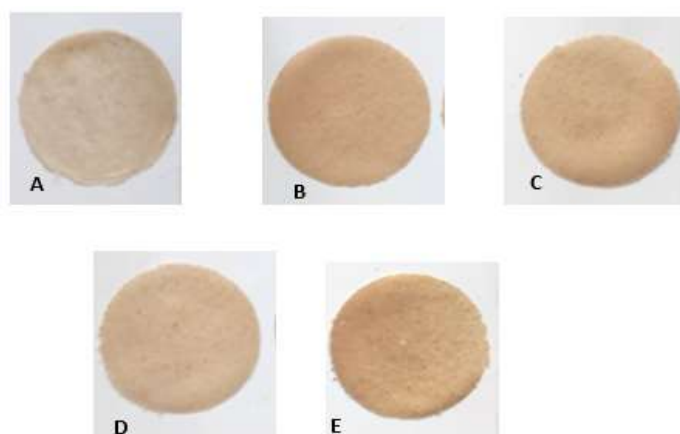


Figura 4. Películas biodegradables elaboradas a partir de almidón de almendra de mango Criollo según las formulaciones A, B, C, D y E.

Propiedades físicas y mecánicas de las películas

En la tabla 4 se presentan los resultados de solubilidad y espesor como propiedades físicas y propiedades mecánicas como la resistencia a la tracción y elongación a la rotura, de las películas obtenidas según cada formulación evaluada (Formulación A: con 4 g de almidón; Formulación B: con 5 g de almidón; Formulación C: con 6 g de almidón; Formulación D: con 7 g de almidón Y Formulación E: con 8 g de almidón).

Tabla 4. Espesor, porcentaje de solubilidad y pruebas mecánicas (resistencia a la tracción y elongación)

Formulación	Espesor de la película (mm)	Solubilidad (%)	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación a la rotura (%)
A	0,313±0,07	45,522±2,66 ^b	0,401±0,11 ^b	18,00±4,00 ^{bc}
B	0,233±0,04	50,129±0,84 ^a	0,694±0,14 ^a	15,67±2,64 ^c
C	0,738±0,11	46,524±0,23 ^b	0,338±0,10 ^b	29,333±1,15 ^{ab}
D	0,246±0,03	42,584±0,62 ^c	0,385±0,12 ^b	33,045±3,82 ^a
E	0,316±0,03	42,590±0,53 ^c	0,222±0,07 ^b	29,358±7,84 ^{ab}

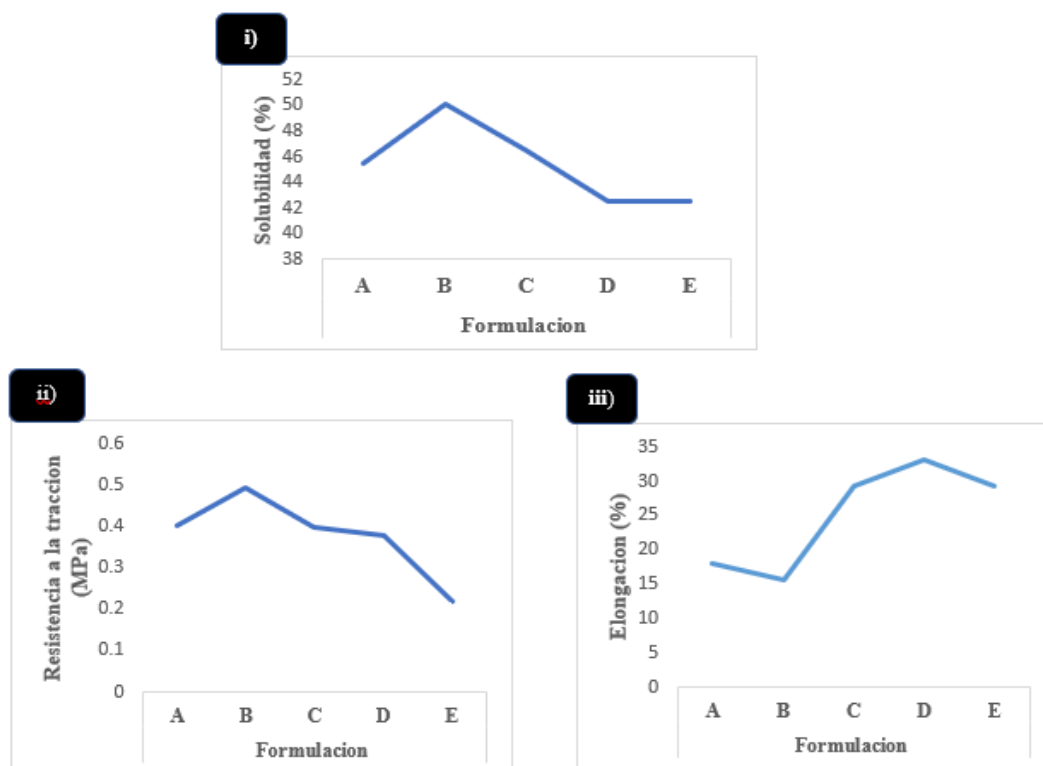


Figura 5. Formulación vs Pruebas físicas y mecánicas

En la figura 6 se muestra la película con la cantidad optima de almidón (7g) correspondiente a la formulación D, que cumple con las pruebas físicas y mecánicas.



Figura 6. Película de almendra de mango Criollo (Formulación D)

4. DISCUSIÓN

La tabla 2 presenta los resultados de 80,51% de carbohidratos en la almendra del mango Criollo, similares a los obtenidos por Torres-León et al. (2018) de $81,89 \pm 0,08$ de carbohidratos en base seca (b.s.) en semilla de mango mexicano y difieren de Saavedra (2000), este contenido en la almendra es muy importante para la cantidad de almidón que esta pueda contener.

En el espectro del almidón de almendra (Figura 3) se observa un pico a 3281 cm^{-1} que representa las vibraciones de estiramiento de los enlaces O–H en los grupos hidroxilo, la banda a $2916\text{--}2849\text{ cm}^{-1}$ atribuida a la vibración de estiramiento del enlace C–H. Esta herramienta de espectroscopía infrarroja se usa para la caracterización de la estructura del almidón Warren et al. (2016), en donde el pico de estiramiento C–H es aproximadamente 2900 cm^{-1} para el almidón. Los resultados obtenidos en este estudio aplicado al almidón de almendra de mango Criollo de Lambayeque coinciden respecto a la banda de estiramiento C–H con Bharti et al. (2019), de almidón de almendra de mango de cultivares indios, con bandas a $2900\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$ y para almidón de almendra de mango de la variedad Tommy Atkins de la ciudad de Paraíba, Brazil con banda de 2930 cm^{-1} (Ferreira et al., 2019).

En la tabla 3 se observa un contenido de amilosa de $29,7 \pm 0,2$ en el almidón crudo obtenido de la semilla de mango Criollo. Este valor es superior al reportado por Akhter et al. (2024) quienes reportaron porcentajes de amilosa entre $18,35\% \pm 0,10$ a $23,50\% \pm 0,19$ en almidones de mango de Bangladesh correspondientes a los cultivares de *Amrapali* y *Surjapur*. Así mismo, el resultado obtenido concuerda con lo reportado por Zhang et al. (2019) quienes informaron contenidos de amilosa entre 26,6 y 28,1% en diferentes tipos de castaña, y con Cruz-Tirado et al. (2019) quienes reportaron $22,77 \pm 0,88\%$ de amilosa en almidón de arracacha. Sin embargo, difiere de los valores encontrados en oca ($31,87 \pm 0,42\%$) y batata ($42,65 \pm 0,85\%$). De igual manera, Araujo-Farro et al. (2010) reportaron un contenido de amilosa de $17,1 \pm 0,05\%$ para almidón de quinua.

Por otro lado, el porcentaje de amilosa obtenido en esta investigación fue menor al reportado por Bharti et al. (2019) para almidón de almendra de mango de tres cultivares indios: Chausa ($43,89 \pm 0,70\%$), Safeda ($42,13 \pm 0,77\%$) y Dussheri ($43,56 \pm 0,72\%$). estas diferencias pueden atribuirse a las variaciones en el tipo de suelo y las condiciones climáticas donde se desarrolla el cultivo de mango (Correa et al., 2019). Un mayor contenido de amilosa favorece la formación de películas y recubrimientos biodegradables, debido a que este componente influye directamente en las propiedades químicas y físicas de las películas obtenidas (Martins et al., 2022)

De acuerdo con las formulaciones evaluadas, al incrementarse la concentración de almidón de almendra de mango, la solubilidad de las películas disminuyó (Figura5i). Una menor solubilidad favorece una mayor resistente al agua, característica importante en materiales biodegradables destinados al recubrimiento y protección de alimentos (Arham et al., 2016). Los valores de solubilidad obtenidos ($42,58-50,12\%$) fueron comparables con los reportados por Pitak & Rakshit (2011) en películas a base de harina de plátano y quitosano ($40,9-64,2\%$), por Basiak et al. (2017) en películas de almidón de maíz ($44,76 \pm 0,31\%$) y por Nawab et al. (2016) en películas elaboradas con almidón de mango de Pakistan ($37,69 \pm 0,25 - 46,10 \pm 1,12\%$). El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencia significativa entre las 5 formulaciones evaluadas ($p \leq 0,05$); sin embargo, entre las formulaciones D y E no se encontraron diferencias significativas, presentando ambos los menores valores de solubilidad.

En la Figura 5ii se observa que, al aumentar la concentración de almidón y glicerina, la resistencia a la tracción tendió a disminuir. Este comportamiento se atribuye al efecto plastificante de la glicerina, que reduce las fuerzas intermoleculares y debilita los puentes de hidrógeno, generando materiales más flexible y menos resistente (Acosta et al., 2024). Una adecuada resistente a la tracción es fundamental para proteger a los alimentos durante su manipulación y transporte (Arham et al., 2016). Así mismo, el espesor de la película influye directamente en esta propiedad mecánica, en la Formulación B se obtuvo el menor espesor ($0,233 \pm 0,04$ mm) y la mayor resistencia a la tracción. El ANOVA evidenció diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre la Formulación B y la Formulación A, C, D y E mientras que en estas últimas no se observaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

La elongación representa la capacidad de las películas para deformarse antes de romperse, permitiendo mantener su integridad durante su aplicación en alimentos o productos (Arham et al., 2016). Según el ANOVA existieron diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas ($p \leq 0,05$). Se observó que el incremento en las concentraciones de almidón de almendra de mango Criollo y glicerina favoreció el aumento de la elongación (Figura5iii), alcanzándose un valor máximo de $33,045 \pm 3.82\%$ en la Formulación D. Este valor es similar a lo reportado por Andrade et al., (2016) en películas elaboradas con harina de residuos de frutas y vegetales de ($30,51 \pm 3,65 - 34,49 \pm 5,11\%$) y por Nawab et al. (2016) en películas a base de almidón de mango de Pakistan ($37,06 \pm 1.77\%$).

CONCLUSIONES

Se caracterizó la almendra de mango Criollo (*Mangifera indica* L.) procedente de la región Lambayeque, evidenciándose un alto contenido de carbohidratos (80,51%), lo que demuestra su potencial como fuente de biopolímeros para aplicaciones biodegradables. El almidón extraído presentó un rendimiento de 69,50 %, con contenidos de amilosa y amilopectina de $29,7 \pm 0,2$ % y $70,3 \pm 0,2$ %, respectivamente, característica favorable para la formación de películas biodegradables.

Asimismo, se determinó que la Formulación D (7 g de almidón, 3,50 ml de glicerina, 2,10 ml de ácido acético y 50 ml de agua) fue la más adecuada para la elaboración de películas, debido a que presentó mejores propiedades físicas y mecánicas, alcanzando un espesor de 246,667 μm , solubilidad de 42,584 %, resistencia a la tracción de 0,376 MPa y elongación a la rotura de 33,045%. Estos resultados evidencian que el almidón de almendra de mango Criollo constituye una alternativa viable para el aprovechamiento de residuos agroindustriales y la producción de materiales biodegradables con potencial aplicación en la industria alimentaria y ambiental.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo. Se agradece a la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo por su apoyo en la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Software, Redacción - borrador original, Redacción - revisión y edición: Torres Diaz, L., Anticona Cabellos, G., Romero Guzman, B. M. & León-Roque, N.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, H., Villada, H. S., Narváez, A. E., Escandón, J. M., Ramírez, P. C., Ossa, O., & Ospina, B. (2024). Efecto de las variables de operación de un extrusor de uso sencillo sobre las propiedades mecánicas de almidón termoplástico hecho de almidón agrio de yuca. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 2(1), 18–26. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/PER01000269545>
- Akhter, M. J., Sarkar, S., Rayhanujjaman, M., Kabir, M. S., & Hosain, M. M. (2024). Characterization of mango seed kernel starch: Extraction and Analysis. *Food Chemistry Advances*, 5, 100806. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100806>
- Araujo-Farro, P. C., Podadera, G., Sobral, P. J. A., & Menegalli, F. C. (2010). Development of films based on quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willdenow) starch. *Carbohydrate Polymers*, 81(4), 839–848. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.03.051>
- Arham, R., Mulyati, M. T., Metusalach, M., & Salengke, S. (2016). Physical and mechanical properties of agar based edible film with glycerol plasticizer. *International Food Research Journal*, 23(4), 1669–1675.

- Basiak, E., Lenart, A., & Debeaufort, F. (2017). Effect of starch type on the physico-chemical properties of edible films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 98, 348–356. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.01.122>
- Benavente, M., Calderón, Á., Rivadeneira, D., & Rodriguez, K. (2012). Planeamiento estratégico del mango en la región Lambayeque. *Pontificia Universidad Católica Del Perú*.
- Bharti, I., Singh, S., & Saxena, D. C. (2019). Influence of alkali treatment on physicochemical, pasting, morphological and structural properties of mango kernel starches derived from Indian cultivars. *International Journal of Biological Macromolecules*, 125, 203–212. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.034>
- Correa, D., Romero, B., & León, N. (2019). Extraction of tannins from creole mango seed (*Mangifera indica* L.) and its application as tanning. *Journal of Agro-Industry Sciences*, 1(2), 51–55. <https://doi.org/10.17268/JAIS.2019.007>
- Cruz-Tirado, J. P., Vejarano, R., Tapia-Blácido, D. R., Barraza-Jáuregui, G., & Siche, R. (2019). Biodegradable foam tray based on starches isolated from different Peruvian species. *International Journal of Biological Macromolecules*, 125, 800–807. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.111>
- Ferreira, S., Araujo, T., Souza, N., Rodrigues, L., Lisboa, H. M., Pasquali, M., Trindade, G., & Rocha, A. P. (2019). Physicochemical, morphological and antioxidant properties of spray-dried mango kernel starch. *Journal of Agriculture and Food Research*, 1, 100012. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2019.100012>
- Hoover, R., & Ratnayake, W. S. (2001). Determination of Total Amylose Content of Starch. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 00(1). <https://doi.org/10.1002/0471142913.fae0203s00>
- Jurado-Erazo, D. K., Tulcán-Cuasapud, Y. A., & Rojas González, A. F. (2023). Perspectivas de valorización de residuos de frutas a partir de sus características físicas. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(1). https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num1_art:3016
- Martins, S. H. F., Pontes, K. V., Fialho, R. L., & Fakhouri, F. M. (2022). Extraction and characterization of the starch present in the avocado seed (*Persea americana* mill) for future applications. *Journal of Agriculture and Food Research*, 8, 100303. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100303>
- Maulida, Kartika, T., Harahap, M. B., & Ginting, M. H. S. (2018). Utilization of mango seed starch in manufacture of bioplastic reinforced with microparticle clay using glycerol as plasticizer. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 309, 012068. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/309/1/012068>
- Mejía Giraldo, L. F., Martínez Correa, H. A., Betancourt Gutiérrez, J. E., & Castrillón Castaño, C. E. (2007). Aprovechamiento del residuo agroindustrial del mango común (*Mangifera indica* L.) en la obtención de azúcares fermentables. *Ingeniería y Ciencia - Ing.Cienc.*, 3(6), 41–62. <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/view/440>
- Meza Ramos, P. N. (2016). Elaboración De Bioplásticos a Partir De Almidón Residual Obtenido De Peladoras De Papa Y Determinación De Su Biodegradabilidad a Nivel De Laboratorio. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 1–86. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2016>
- Nawab, A., Alam, F., Haq, M. A., & Hasnain, A. (2016). Biodegradable film from mango kernel starch: Effect of plasticizers on physical, barrier, and mechanical properties. *Starch - Stärke*, 68(9–10), 919–928. <https://doi.org/10.1002/star.201500349>
- Pérez López, A. F. (2021). *Evaluación para la obtención de almidón aprovechando los residuos de mango (Mangifera Indica L.) para la producción de un biopolímero*.
- Pitak, N., & Rakshit, S. K. (2011). Physical and antimicrobial properties of banana flour/chitosan

- biodegradable and self sealing films used for preserving Fresh-cut vegetables. *LWT - Food Science and Technology*, 44(10), 2310–2315. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.05.024>
- Ramos Briceño, L. N., & Forero Castañeda, J. C. (2016). Análisis fitoquímico preliminar de la especie vegetal *Duranta mutisii* (Bogotá-Colombia). *Boletín Semillas Ambientales*, 10(2), 46–54.
- Ruiloba, I., Li, M., Quintero, R., & Correa, J. (2018). Elaboración de bioplástico a partir de almidón de semillas de mango. *Revista de Iniciación Científica*, 4, 28–32. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.0.1815>
- Saavedra, J. K. (2000). *Obtención y caracterización del almidón de la almendra del mango (Mangifera indica L.) variedad criollo*. 117.
- Torres-León, C., Vicente, A. A., Flores-López, M. L., Rojas, R., Serna-Cock, L., Alvarez-Pérez, O. B., & Aguilar, C. N. (2018). Edible films and coatings based on mango (var. Ataulfo) by-products to improve gas transfer rate of peach. *LWT*, 97, 624–631. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.057>
- Trujillo Rivera, C. T. (2014). Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (*Manihot Esculenta* Crantz) doblemente modificado. para uso en empaque de alimentos. In *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1>
- Ventura-Avalos, Y., Díaz-Soto, R., Soriano-Colchado, J., & Barraza-Jáuregui, G. (2024). Chemical modification of starch from fruit seeds: Methods, properties, and applications. *Scientia Agropecuaria*, 15(2), 311–325. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2024.024>
- Warren, F. J., Gidley, M. J., & Flanagan, B. M. (2016). Infrared spectroscopy as a tool to characterise starch ordered structure—a joint FTIR–ATR, NMR, XRD and DSC study. *Carbohydrate Polymers*, 139, 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.11.066>
- Zhang, Y., Li, G., Wu, Y., Yang, Z., & Ouyang, J. (2019). Influence of amylose on the pasting and gel texture properties of chestnut starch during thermal processing. *Food Chemistry*, 294, 378–383. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.070>