



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA TESIS

**“Efecto de la concentración de almidón de almendra de
mango criollo (*mangifera indica L.*) en la obtención de
películas”**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO QUÍMICO**

Presentado por:

Bach.: Anticona Cabellos Gerson Jahir

Bach.: Torres Diaz Luis Bernabé

LAMBAYEQUE-PERÚ

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA TESIS

**"Efecto de la concentración de almidón de almendra de
mango criollo (*mangifera indica L.*) en la obtención de
películas"**

Presentado por:

Bach.: Anticona Cabellos Gerson Jahir

Bach.: Torres Diaz Luis Bernabé

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO QUÍMICO**

Aprobado por el jurado:

**Dr. Ing. Cesar Alberto García Espinoza
PRESIDENTE**

**Dr. Ing. Angel Wilson Mercado Seminario
SECRETARIO**

**M.Sc. Ing. Ivan Pedro Coronado Zuloeta
VOCAL**

**Dra. Ing. Blanca Margarita Romero Guzman
Asesora**

.....
.....
.....
.....

LAMBAYEQUE-PERÚ

2020

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios, por la sabiduría al momento de tomar las decisiones correctas durante toda la realización de esta investigación.

A nuestros padres que estuvieron apoyándonos incondicionalmente para poder realizar y finalizar sin inconvenientes esta investigación para conseguir el tan ansiado título profesional.

A nuestra estimada asesora, Dra. Ing. Blanca Romero Guzmán para con su valiosísimo apoyo intelectual, emocional y por su pacencia brindada en el desarrollo hasta el culminar de esta tesis.

A los técnicos de los laboratorios, Sr. Floriano y Sr. Benitez por la disposición al brindarnos los materiales y equipos durante la realización de esta investigación.

A la Mg Ing. Gladys Chamorro Montes, Gerente general de GCH asesorías y consultorías S.A.C. y Mg Ing. Margarita Pérez León, al brindarnos un apoyo incondicional en la gestión para las pruebas mecánicas.

Al jefe de calidad Ing. Teófilo Maldonado y al Gerente general Jorge Samsur, de Envolturas Flexibles Huachipa S.A.C., por la amabilidad de realizar las pruebas mecánicas de las películas en dicha empresa.

Al Dr. Guillermo Ruiz Docente de la Universidad Nacional de Trujillo por el apoyo brindado en la realización de los análisis de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier.

RESUMEN

El creciente uso del plástico y su impacto ambiental negativo ha suscitado una mayor demanda de opciones para el aprovechamiento de los residuos orgánicos para la sustitución de los mismos. La presente investigación tiene como objetivo determinar el efecto de la concentración de almidón de almendra de mango criollo (*mangifera indica L.*) de la región Lambayeque en la obtención de películas, por el cual se utilizó mango maduro, extrayendo harina y almidón de la almendra, los cuales fueron caracterizados mediante el método recomendado de la AOAC-2016 e identificados los grupos funcionales mediante la espectrofotometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). Posteriormente se procedió a la elaboración de películas variando las concentraciones de almidón de 8, 10, 12, 14 y 16% en solución acuosa, con la adición de glicerina y ácido acético. Se concluye: 1) La caracterización de la almendra de mango criollo (*mangifera indica L.*) de la región Lambayeque, indica la presencia de polímeros entre ellos carbohidratos con un 80.51%. 2) La extracción del almidón de la almendra de mango criollo (*mangifera indica L.*) de la región Lambayeque, tiene un rendimiento de 69.50 %; siendo su contenido de amilosa del 29.7 ± 0.2 % y amilopectina del 70.3 ± 0.2 %. 3) La cantidad de almidón óptima en la solución formadora de películas corresponde a la formulación D (7 g de almidón, 3.50 ml de glicerina, 2.10 ml de ácido acético y 50 ml de agua), 4) Las propiedades físicas y mecánicas óptimas corresponden a la película con formulación D, con un espesor de 246.667 μm , solubilidad de 42.584 ± 0.623 %, resistencia a la tracción de 0.376 ± 0.083 MPa y elongación de rotura de 33.045 ± 3.829 %.

Palabras Clave: Almidón, solubilidad, pruebas mecánicas.

ABSTRACT

The increasing use of plastic and its negative environmental impact has caused a greater demand for options for the use of organic waste to replace them. The present investigation aims to determine the effect of the concentration of Creole mango almond starch (*Mangifera indica* L.) of the Lambayeque region in the production of films, by which ripe mango was used, extracting flour and almond starch, which were characterized by the recommended method of the AOAC-2016 and identified the functional groups by Fourier transform infrared spectrophotometry (FTIR). Subsequently, films were processed by varying the starch concentrations of 8, 10, 12, 14 and 16% in aqueous solution, with the addition of glycerin and acetic acid. It concludes: 1) The characterization of the Creole mango almond (*Mangifera indica* L.) of the Lambayeque region, indicates the presence of polymers including carbohydrates with 80.51%. 2) The extraction of the starch from the Creole mango almond (*mangifera indica* L.) from the Lambayeque region, has a yield of 69.50%; its amylose content being $29.7 \pm 0.2\%$ and amylopectin $70.3 \pm 0.2\%$. 3) The amount of optimal starch in the film-forming solution corresponds to formulation D (7 g of starch, 3.50 ml of glycerin, 2.10 ml of acetic acid and 50 ml of water), 4) Physical properties and optimum mechanics correspond to the film with formulation D, with a thickness of 246.667 μm , solubility of $42.584 \pm 0.623\%$, tensile strength of 0.376 ± 0.083 MPa and breaking elongation of $33.045 \pm 3.829\%$.

Keywords: Starch, solubility, mechanical tests.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	3
2.1.	ANTECEDENTES	3
2.2.	BASE TEÓRICA.....	3
2.2.1.	Mango.....	3
2.2.2.	Almidón.....	5
2.2.3.	Bioplástico	11
2.2.4.	Ensayos para la caracterización de las películas obtenidas	13
2.2.5.	Base legal.....	14
III.	MÉTODOS Y MATERIALES	16
3.1.	Tipo de investigación	16
3.1.1.	Diseño de investigación.....	16
3.2.	Definición y operacionalización de variables.....	16
3.2.1.	Variable independiente	16
3.2.2.	Variable dependiente	16
3.3.	Método y diseño de investigación	16
3.3.1.	Operacionalización de las variables	17

3.4.	Población y Muestra	17
3.4.1.	Población	17
3.4.2.	Muestra	17
3.5.	Materiales, equipos y reactivos	17
3.5.1.	Materiales	17
3.5.2.	Equipos	18
3.5.3.	Reactivos	19
3.6.	Métodos y análisis	19
3.6.1.	Preparación de la muestra.....	19
3.6.2.	Obtención de harina de almendra de mango	19
3.6.3.	Caracterización de la harina de almendra de mango	20
3.6.4.	Extracción del almidón de la harina de almendra de mango	20
3.6.5.	Eliminación de taninos del almidón	21
3.6.6.	Análisis para el almidón de almendra de mango	21
3.6.7.	Elaboración de las películas	22
3.6.8.	Solubilidad de las películas	23
3.6.9.	Espesor	23
3.6.10.	Pruebas mecánicas	24
3.6.11.	Análisis Estadístico	25
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	26
4.1.	Resultados.....	26
4.1.1.	Extracción de la almendra de mango criollo	26

4.1.2.	Obtención de harina de almendra de mango criollo	26
4.1.3.	Extracción del almidón de la harina de almendra de mango	28
4.1.4.	Almidón sin taninos	28
4.1.5.	Análisis para el almidón de almendra de mango	28
4.1.6.	Obtención de películas	30
4.2.	Discusiones	35
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
5.1.	Conclusiones	39
5.2.	Recomendaciones	39
VI.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	41
VII.	ANEXOS	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mango de la región de Lambayeque	5
Figura 2 Partes de la semilla.....	5
Figura 3 Polímero lineal de amilosa	7
Figura 4 Estructura de la amilopectina	7
Figura 5 Temperaturas y los tiempos de gelatinización para distintos almidones	10
Figura 6 Representación Esquemática de las propiedades de formación de pasta de almidón	11
Figura 7 Diseño de investigación; Formulaciones: A, B, C, D y E.....	16
Figura 8 Almendra (A) recubierta con escutelo (color marrón)	26
Figura 9 Harina tamizada de la almendra de mango criollo.....	27
Figura 10 Espectro (FTIR) de harina de almendra de mango criollo	27
Figura 11 Almidón extraído de la almendra de mango criollo + taninos	28
Figura 12 Almidón sin taninos	28
Figura 13 Espectro (FTIR) del almidón de almendra de mango criollo.....	29
Figura 14 Muestra de películas según formulación A, B, C, D, E (por triplicado)	30
Figura 15 Solubilidad de las películas según formulación	31
Figura 16 Resultados del ensayo de resistencia a la tracción de las películas.....	33
Figura 17 Ensayo de elongación a la rotura de las películas elaboradas	34
Figura 18 Identificación cualitativa de taninos con FeCl_3 en harina de almendra de mango	49
Figura 19 Coloración azul oscuro indica presencia de almidón.....	49
Figura 20 Película a partir de almidón de almendra de mango criollo.....	49

Figura 21 Tensiómetro marca Tinius Olsen H5K-S lista para realizar las pruebas mecánicas	50
Figura 22 Probeta de 10 cm de largo y 1 cm de ancho	53
Figura 23 Reporte de laboratorio del análisis de harina de almendra de mango criollo	54
Figura 24 Reporte de laboratorio del análisis de almidón de almendra de mango criollo ..	55
Figura 25 Reporte de laboratorio del análisis de la determinación del contenido de amilosa en el almidón	56
Figura 26 Reporte de laboratorio del análisis de la determinación del contenido de amilopectina en el almidón	57

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Operacionalización de las variables	17
Tabla 2 Aditivos usados durante la elaboración de las películas	22
Tabla 3 Análisis proximal de la almendra de mango criollo	27
Tabla 4 Rendimiento de almidón a partir de la almendra de mango maduro de variedad criolla (sin tanino).....	28
Tabla 5 Análisis fisicoquímico del almidón de la almendra de mango criollo	29
Tabla 6 Composición de almidón de almendra de mango criollo	29
Tabla 7 Registro del espesor de las películas	30
Tabla 8 Medias obtenido del análisis de varianza para la solubilidad.....	31
Tabla 9 Análisis de Varianza para los resultados para la solubilidad	31
Tabla 10 Agrupación de información utilizando el método de Tukey para la solubilidad .	32
Tabla 11 Medias obtenido del análisis de varianza en la resistencia a la tracción en la rotura	32
Tabla 12 Análisis de varianza de la resistencia a la tracción en la rotura	33
Tabla 13 Agrupación de información utilizando el método de Tukey para la resistencia a la tracción en la rotura	33
Tabla 14 Medias obtenido del análisis de varianza en la elongación en la rotura.....	34
Tabla 15 Análisis de Varianza en la elongación en la rotura	34
Tabla 16 Agrupación de información utilizando el método de Tukey en la elongación en la rotura.....	35
Tabla 17 Registro de pesos del fruto y almendra de mango de variedad criolla.....	48
Tabla 18 Registro de datos de la determinación del porcentaje de solubilidad de las películas	50

Tabla 19 Datos registrados durante las pruebas mecánicas realizadas a las películas	51
Tabla 20 Comparación múltiple de Tukey para la solubilidad.....	52
Tabla 21 Comparación múltiple de Tukey para resistencia de tracción a la rotura.....	52
Tabla 22 Comparación múltiple de Tukey para la elongación a la rotura.....	53

I. INTRODUCCIÓN

Los plásticos son ejemplos perfectos de compuestos a base de petróleo, lo que implica un problema ecológico debido a la gran demanda en un sin número de aplicaciones, descarte inapropiado y persistencia ambiental.

En el Departamento de Lambayeque, sobre todo en la estación de verano, se consume el mango criollo, fruta muy apetecible y que genera cantidad de residuos (cascara y semilla), los cuales no son dispuestos de manera correcta, originando un problema de contaminación, por lo que es necesario su aprovechamiento.

Al respecto Maulida, Kartika, Harahap & Ginting (2018) utilizan el almidón de semilla de mango originario de la India en la fabricación de bioplástico reforzado con arcilla de micropartículas, usando glicerol como plastificante.

Nawab, Alam, Haq, & Hasnain, (2016) utilizan una nueva fuente no convencional de almidón a partir de la semilla de mango procedente de Pakistán para preparar una película biodegradable.

Se plantea el problema de investigación: ¿Cuál es el efecto de la concentración de almidón de almendra de mango criollo (*mangifera indica L.*) en la obtención de películas?, y con la hipótesis: la concentración de 8 a 10 % en peso de almidón de almendra de mango criollo (*mangifera indica L.*) es óptima en la obtención de películas.

Con los objetivos siguientes:

General: Determinar el efecto de la concentración de almidón de almendra de mango criollo (*mangifera indica L.*) en la obtención de películas, y

Específicos:

Caracterizar la almendra del mango criollo (*mangifera indica L.*).

Extraer y caracterizar el almidón de almendra del mango criollo (*mangifera indica L.*).

Optimizar la proporción de almidón de almendra de mango criollo (*mangifera indica L.*) en la solución formadora de películas.

Determinar las propiedades físicas optimas (espesor, solubilidad) y propiedades mecánicas (elongación y resistencia a la tracción a la rotura) de las películas obtenidas.

Con esta investigación se pretende darles un valor agregado a los residuos de acorde al Decreto Legislativo N° 1278-2016-MINAM sobre Gestión de residuos sólidos.

II. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

2.1.ANTECEDENTES

- ✓ Medina et al (2010) en su investigación evalúa dos procedimientos de extracción de almidón a partir de cotiledones de mango, concluyendo que el tratamiento acuoso produce mayor rendimiento del almidón que el tratamiento alcalino.
- ✓ Meza (2016) elabora bioplásticos a base de almidón residual extraído de la cáscara de papa y determina su biodegradabilidad a escala de laboratorio concluyendo que la eficiencia resultante en el proceso de extracción de almidón es de 35.06% referente al residuo sólido.
- ✓ Otoni et al (2017) en su investigación sobre avances de películas comestibles a base de frutas y verduras concluyen que el uso de frutas y verduras principalmente como purés, entre ella el mango (*mangifera indica L.*) sirven para la formulación de películas.

2.2.BASE TEÓRICA

2.2.1. Mango

El mango, en la actualidad está catalogado dentro de los 3 o 4 frutos tropicales más selectos. Tiene su origen en el noroeste de la India y al norte de Burma en las laderas de Himalaya (INFOAGRO, 2016).

En el Perú, se siembra la variedad roja, dentro de las cuales las más notables son: Tommy Atkins, Haden Kent, Edward, y de variedad amarilla, está el mango criollo de Chulucanas, el Chato y Rosado de Ica, cuya producción está principalmente centralizada en la costa, siendo los valles de Piura y Lambayeque los Departamentos con mayor producción y superficie cultivada; extendiéndose principalmente en el Departamento de Piura, valles de San Lorenzo, Chulucanas, Tambo Grande y Sullana. Esto es debido a las condiciones

propicias en relación a la naturaleza, la tecnología y la mayor capacidad empresarial (Calderón y Morán, 2017).

La clasificación taxonómica del mango se muestra a continuación (Catalogue of Life: Annual Checklist, 2017):

- ✓ **Clase:** *Dicotiledóneas*
- ✓ **Subclase:** *Rosidae*
- ✓ **Orden:** *Sapindales*
- ✓ **Suborden:** *Anacardiineae*
- ✓ **Familia:** *Anacardiaceae*
- ✓ **Género:** *Mangifera*
- ✓ **Especie:** *indica*

2.2.1.1. Mango criollo

El mango criollo (*Mangifera indica* L.) es una clase de fruto pequeño de color amarillo, fibroso, la pulpa es de sabor dulce y se utiliza principalmente en extractos y concentrados cuyo ciclo de cosecha abarca los tres primeros meses del año, dicha variedad es destinada únicamente al consumo interno (Ministerio de Agricultura y Riego, 2017).

2.2.1.1.1. Características físicas del mango de variedad criolla

De acuerdo con Correa (2019), caracteriza al mango de variedad criolla como de pulpa amarilla gruesa, con semilla y cuando está madura presenta una piel gruesa amarillenta (figura 1) y entre las peculiaridades de dicha semilla tenemos que oblonga u ovoide, el endocarpio es voluminoso y con apariencia leñosa que reviste a la almendra del fruto que presenta forma aplanada como vemos en la figura 2. El peso del mango de variedad criolla se encuentra en promedio entre 146 g (Correa, 2019), 154g (Campos y García, 2020) y 196 g obtenidos en esta investigación, produciendo en promedio residuos: endocarpio fibroso 5.47% y almendra 8.57% (Correa, 2019), endocarpio fibroso 6.8% y almendra 7.6%

(Campos y García, 2020) , por ultimo 9.8% de endocarpio fibroso y 6.4% de almendra obtenidos en esta investigación (tabla 17).

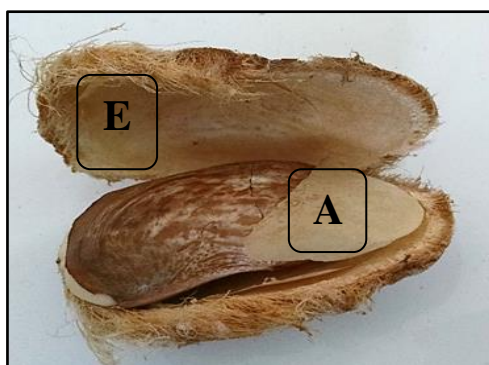
Figura 1

Mango de la región de Lambayeque



Figura 2

Partes de la semilla



Nota. Almendra con escutelo (A) y endocarpio (E)

2.2.2. Almidón

Polímero oriundo, un hidrato de carbono que las plantas pueden sintetizar en el transcurso de la fotosíntesis y tiene la función de provisión de energía (Iñiguez y Castillo, 2011).

Está sistematizado en partículas discretas reconocidas frecuentemente como gránulos, cuyo tamaño y morfología varían dependiendo de la fuente vegetal. Se encuentra en las semillas o granos, tubérculos, raíces y tallos de las plantas, por lo que conforma su primordial forma de suministro energético utilizado en los periodos de dormancia, germinación y crecimiento de las plantas (Jiménez y Martínez, 2016).

Da Costa et al. (2013) reportan un contenido de almidón alrededor del 87 % obtenidas de las semillas de pino de Paraná.

Ikegwu, Okechukwu & Ekumankana (2010) indican que las semillas de la especie del árbol *Brachystegia eurycoma* tienen un contenido de 58.77 % de almidón.

Jiménez, et al. (2011) reportan que las semillas del árbol de Parota (*Enterolobium cyclocarpum*) contienen 750 g. de almidón por cada 1 kg. de semilla, con 75% de rendimiento.

Madruga et al. (2014) reportan que la Semillas de la fruta yaca brasileña (*Artocarpus heterophyllus* L) tiene un contenido de almidón de 92.8 y 94.5%.

Kasim, Maryam & Santosa. (2016) indican las semillas de palta (*persea mericana*) se puede usar como una fuente alternativa de almidón porque contiene 80.1% de almidón.

El almidón está compuesto de dos tipos de polisacáridos, los cuales son la amilosa y amilopectina, que son polímeros de glucosa en la cual se encuentran asociados por enlaces glucosídicos en α (1-4) y α (1-6) ambos tienen distintas propiedades. En la mayoría de almidones, la amilopectina es el elemento principal. Por otro parte, la amilosa está formada básicamente por una estructura lineal que tiene un peso molecular menor a la amilopectina. (Arab, Cháfer, Chiralt, González, & Sanchez, 2014).

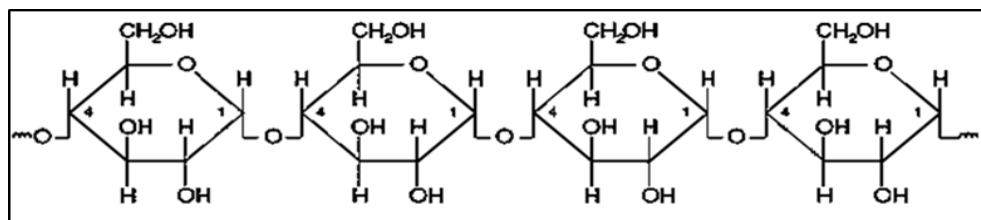
2.2.2.1.1. Amilosa

Es un polímero lineal conformado por moléculas de glucosa acoplados por enlaces glucosídicos α -D-1-4 (Figura 3), que comprenden un 99% de la molécula, en tanto el enlace α (1-6) se hallan en un 1%, el número de unidades cambia de acuerdo con los diversos tipos de almidones. (Jiménez y Martínez, 2016).

Las féculas o almidones abundantes en amilosa conservan su forma al momento de moldear; gelifican mientras los almidones sin amilosa espesan, pero no gelifican. El gránulo de almidón puede estar formado en su cuarta parte por amilosa. (Charro, 2015)

Figura 3

Polímero lineal de amilosa



Nota. Adaptado de “Estructura de la amilosa”, Meré, J. ,2009.

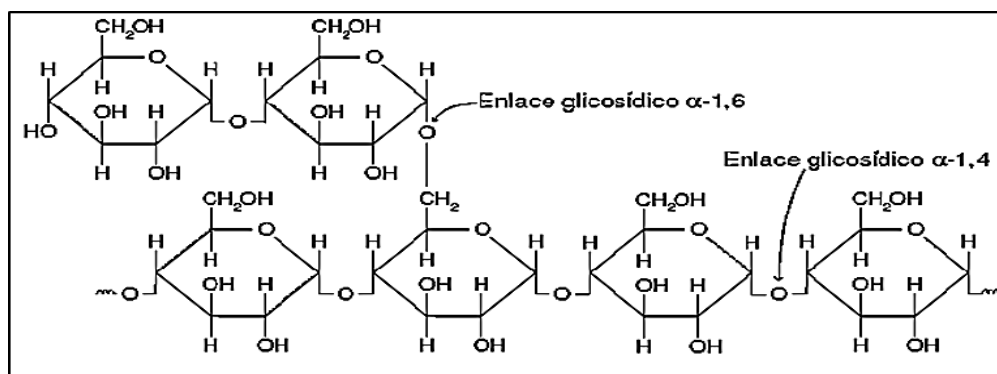
Por la linealidad de la molécula de amilosa, es el constituyente esencial encargado de la formación de películas de almidón, no obstante, debido a que las películas constituidas básicamente de almidón son demasiado inconsistentes, volviéndose ineludible agregar compuestos plastificantes compatibles que incrementen la flexibilidad de las películas (Trujillo, 2014). Asimismo, se distingue por sus propiedades hidrofílicas que conceden excelente atracción por el agua (Meré, 2009).

2.2.2.1.2. Amilopectina

Este polisacárido contiene cadenas ramificadas de glucosa que muestran uniones glicosídicas α (1,4) presentando ramificaciones dentro de la cadena entre las 15 a 30 unidades de glucosa en la cadena en α (1-6), los enlaces están comprendidos entre el carbono 1 de la glucosa y 6 de la ramificación (Figura 4). Es la encargada de la estructura del gránulo del almidón y conforma las tres cuartas partes del almidón total (Hernández, 2016).

Figura 4

Estructura de la amilopectina



Nota. Adaptado de “Estructura de la amilopectina”, J. Meré, 2009.

Jiménez y Martínez (2016) refieren que la amilopectina está formada por tres tipos de cadena diferenciadas por su tamaño: “a) A (*cortas*) con grado de polimerización (GP) entre 14-18 unidades de glucosa, b) B (*interiores largos*; GP=45-55), y c) C (GP > 60, que posee el extremo reductor). El tipo A es peculiar entre almidones de cereales, B se encuentra en almidones de tubérculos y de elevada amilosa y C (mezcla de A y B), se aprecia en almidones de tubérculos”.

2.2.2.2. Relación entre amilosa y amilopectina

Los almidones regulares abarcan alrededor de 70-80 % de amilopectina y 20-30% de amilosa. (Peña, 2017).

Schirmer et al. (2013) afirma que la relación entre estos polímeros depende de su origen botánico.

2.2.2.3.Elementos presentes en el almidón

a) *Fósforo*. Provoca un veloz abultamiento en los gránulos de almidón a temperaturas generalmente bajas, esto refleja una endeble unión interna como producto de los grupos fosfatos que se hallan esterificados e ionizados y a su vez ayudan al hinchamiento del gránulo a causa de una repulsión eléctrica mutua al obligar la extensión de la molécula (Moorthy, 2002).

b) *Lípidos*. Se encuentran junto a las moléculas de amilosa formando complejos de inclusión, que son insolubles en agua fría, sin embargo, estos disgregan cuando se eleva la temperatura mayor a los 125°C (Tester, Karkalas, & Qi, 2004).

c) *Proteínas*. Se ubican en la superficie del gránulo y se extraen ya sea con agua o soluciones salinas. Entre las proteínas ligadas a la superficie tenemos a la enzima α -amilasa, con su actividad hidrolítica perjudica las propiedades reológicas en dispersión, debido a ello la relevancia de suprimirlas en el transcurso del proceso de elaboración de este polímero (Moorthy, 2002).

2.2.2.4. Propiedades funcionales del almidón

Están sujetos a la correlación amilosa/amilopeptina. (Jiménez y Martínez, 2016).

Las propiedades más relevantes a tener en cuenta son la gelatinización, retrogradación, sinéresis, viscosidad, solubilidad, poder de hinchamiento, absorción de agua y el comportamiento reológico (Herrera, 2014).

a) Gelatinización: Es la desintegración de los gránulos de almidón en una mezcla de polímeros (Salas, 2018). Esto se debe a la relación del contenido de amilosa y amilopectina, el grado de polimerización, el tamaño del gránulo de almidón y el contenido de fósforo (Jiménez y Martínez, 2016).

Vaclavik et al. (2002) sostiene que otros agentes influyen en la gelatinización, en los cuales se encuentran los ácidos: “El ácido acético ocasiona una hidrólisis ácida durante la cocción de los gránulos de almidón dando origen a la creación de polímeros de cadena corta. Esta hidrólisis de almidón produce una menor absorción de agua por el gránulo de almidón” (p. 50).

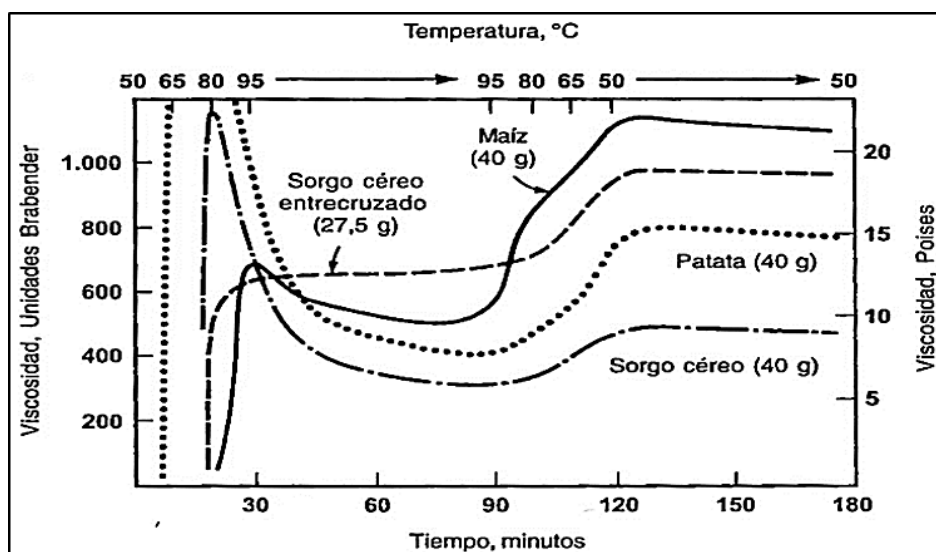
El siguiente agente que Vaclavik et al. (2002) menciona es la agitación en la cual “proporciona a los gránulos de almidón hincharse independientemente y originar una mezcla más homogénea, sin grumos. No obstante, la agitación desmedida luego de que se culmine la gelatinización puede fracturar los gránulos y, por consiguiente, elevar la fluidez de las mezclas de almidón” (p.50-51).

El tercer agente que influye es la temperatura, Vaclavik et al. (2002) señala que “el proceso de gelatinización del almidón finaliza entre 88-90°C hasta 95°C; sin embargo, los almidones se diferencian en su temperatura de gelatinización”(p.51).

El último agente es el tiempo de calentamiento, en la figura 5 se muestran los tiempos y las temperaturas a las que diversos almidones espesan o gelifican.

Figura 5

Temperaturas y los tiempos de gelatinización para distintos almidones



Nota. Adaptado de "Grafica de espesamiento de varios almidones", Vaclavick, 1998.

b) **Retrogradación:** La molécula de amilosa retrograda más velozmente que la molécula de amilopectina, a causa de que las formaciones de dobles hélices se muestran seguidamente después ocurrida la gelatinización; por esa razón la amilosa es causante de las variaciones reológicas preliminares de la pasta de almidón. Por otro lado, la retrogradación de la amilopectina es más paulatina, y aparecerse a través de días o semanas, en vista que tiene un alto grado ramificaciones en su estructura (Espinosa, 2008).

La retrogradación se basa:

- ✓ Gelación de las moléculas de amilosa lixiviadas del gránulo durante la gelatinización.
- ✓ Recristalización de la amilopectina (Torres, 2007).

La velocidad de retrogradación este sujeto a muchos factores tales como: la temperatura de almacenamiento, longitud de las cadenas de amilopectina, concentración de lípidos y derivados de monoéster y fosfatos (Espinosa, 2008).

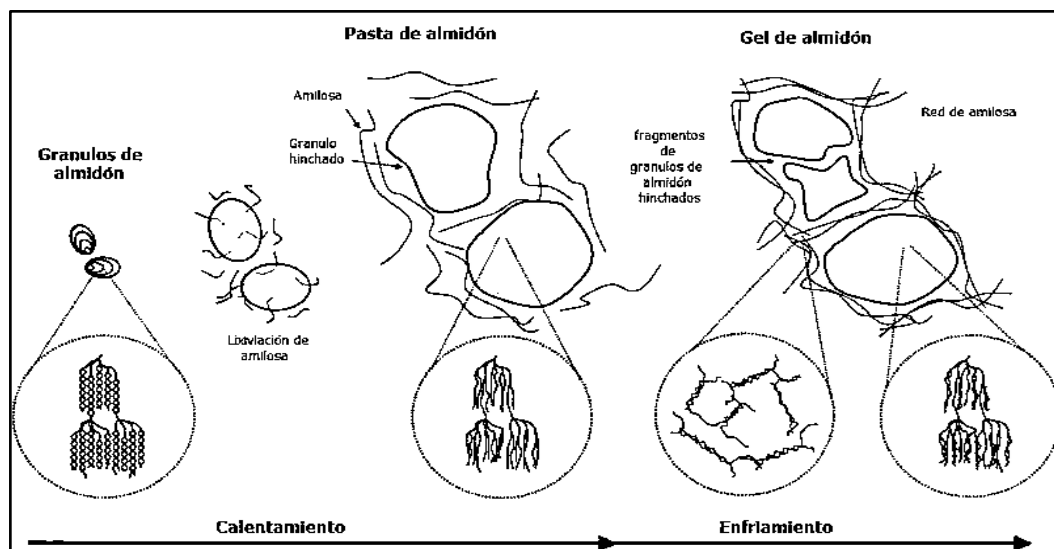
c) **Gelificación:** Es la disolución del almidón, que comprende el producto de diversas etapas (figura 6) sobre el hinchamiento del gránulo, exudación de componentes moleculares de los

gránulos (primordialmente amilosa), y la desintegración del gránulo (BeMiller & Whistler, 2009).

Espinosa (2008) refiere que amilopectina es la principal causante del hinchamiento y viscosidad de la pasta (figura 6).

Figura 6

Representación Esquemática de las propiedades de formación de pasta de almidón



Nota. Adaptado de “Representación esquemática de las propiedades de formación de pasta de almidón”, Espinoza, 2008.

2.2.2.5. Usos del almidón

Los actuales progresos en las tecnologías de procesamiento de almidón y manipulación genética para inventar nuevas diversidades de almidón que contengan características beneficiosas sostuvieron un efecto acentuado, novedosos productos se han elaborado utilizando el almidón, empleándolo como materia prima para alimentos, productos químicos, plásticos y combustibles (Peña, 2017).

2.2.3. Bioplástico

Es un material capaz de producir desintegración aeróbica o anaeróbica por obra de microorganismos como bacterias, hongos y algas en circunstancias que innatamente se

producen en la biosfera. Son descompuestos mediante actividad enzimática de los microorganismos a través de condiciones naturales del medio ambiente. (Meza, 2016)

2.2.3.1. Clasificación de Bioplástico

Los polímeros biodegradables se pueden categorizar de acuerdo a su proceso de fabricación.

- ✓ Extraídos o retirados principalmente de la biomasa: polisacáridos tales almidón y celulosa. Proteínas como caseína, queratina, y colágeno.
- ✓ Producidos por medio de síntesis química tradicional empleando monómeros biológicos de fuentes renovables. Dentro de este grupo podemos citar los siguientes ejemplos: ácido poliláctico (PLA), poliácidos glicoles (PGA) y policaprolactonas (PCL).
- ✓ Producidos a través de microorganismos, bacterias productoras nativas o modificadas genéticamente. Aquí podemos encontrar a: Polihidroxialcanoatos (PHA), poli-3 hidroxibutarato (PHB).

2.2.3.2. Plastificantes

Chuta y Cornejo (2017) hace referencia a la estructura de las películas en la cual tiene una tendencia frágil, debido a la interacción entre las moléculas de proteína o polisacárido. Estos al introducirse en la formulación aumentan la flexibilidad y extensibilidad de las películas. A su vez Chuta y Cornejo (2017) explica que los plastificantes son de bajo peso molecular que amplían la movilidad de las cadenas del polímero. Además de tener la capacidad de localizarse entre las moléculas del polímero y obstaculizar en las interacciones intermoleculares, y así optimizan su flexibilidad, además incrementa el volumen libre de las estructuras del polímero, por tal motivo la agregación de plastificante impacta el módulo de elasticidad y otras propiedades mecánicas.

Oropeza et la (2016) en su investigación resalta que la elevación en la concentración del plastificante se ve reflejado en el aumento del espesor, contenido de humedad y solubilidad, en cambio, la densidad y absorción de agua de las películas tienden a una disminución con

dicha elevación. También Oropeza et al (2016) indica que “el tipo de plastificante y su concentración influye en el espesor de la película, densidad, contenido de humedad, solubilidad, la capacidad de hinchamiento y la absorción de agua”.

2.2.3.2.1. Agua

En la composición de la película, el agua puede funcionar como plastificante, sin embargo, se elimina mediante la deshidratación; la incorporación de plastificantes higroscópicos podría aminorar la pérdida de agua, incrementar la cantidad de agua ligada y así perfeccionar las propiedades plastificantes (Han, 2014).

2.2.3.2.2. Glicerina

Aquellos plastificantes que tienen solubilidad en el agua tal como el glicerol son eficaces agentes suavizantes para los almidones, aumentando la flexibilidad de las películas obtenidas. Mientras cada vez es mayor la introducción de una sustancia plastificante a una matriz polimérica, la elongación y deformación aumentan en cambio el esfuerzo de ruptura se reduce. Los plastificantes que se utilizan más habitualmente son los polioles, particularmente el glicerol o glicerina. Los glicoles de menos peso molecular o cadenas cortas son eficientes para plastificar en tanto que los de cadenas largas o elevados pesos moleculares no cumplen en dicha función (Enríquez, Velasco, & Ortiz, 2012).

2.2.4. Ensayos para la caracterización de las películas obtenidas

2.2.4.1. Propiedades físicas

✓ Espesor

Las películas de elevado espesor necesitan más tiempo de secado. (Bertuzzi, 2012).

✓ Humedad

En la investigación de Chen, et al (1996) recalca que “el agua es el plastificante más ordinario, complicado de controlar en películas hidrofílicas. En consecuencia, la humedad

ambiental a la que se ensayen los films comestibles puede variar considerablemente la fuerza original del mismo”.

✓ *Solubilidad*

Es una propiedad funcional trascendental que impacta la utilización de la película. Por ejemplo, sería considerable que una película empleada en alimentos con elevado contenido de humedad sea insoluble, sin embargo, al querer destinarlo para bolsas solubles en agua tendría ser sencillamente soluble (Chuta & Cornejo, 2017).

2.2.4.2. Propiedades mecánicas

✓ *Resistencia a la tracción*

Máxima tensión que puede tolerar el film durante el ensayo de tracción, se denota a través de la ecuación siguiente:

$$\sigma_{\max} = \frac{F_{\max}}{S}$$

Se expresa en MPa y resulta de dividir la máxima fuerza (Fmax) que tiene la capacidad de soportar el film y su sección transversal (S) a tiempo cero (Garde, 2014).

✓ *Elongación a la rotura*

Es el porcentaje en la variación de la longitud original del film hasta la rotura (Garde, 2014). Resulta de la sustracción entre la longitud del film del ensayo (Lf) y la longitud inicial del film (Lo), dividido por la longitud inicial (Lo), por último, multiplicado por 100. Se denota en porcentaje:

$$E_{rot} = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100$$

2.2.5. Base legal

LEY N° 30884 que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables

De acuerdo con el artículo 2 de esta ley indica lo siguiente: “*Los supermercados, autoservicios, almacenes, comercios en general u otros establecimientos similares, así como*

sus contratistas o prestadores de servicios, dentro del plazo de treinta y seis (36) meses contados desde la vigencia de la presente ley, deben reemplazar en forma progresiva la entrega de bolsas de base polimérica no reutilizable, por bolsas reutilizables u otras cuya degradación no generen contaminación por microplástico o sustancias peligrosas y que aseguren su valorización”. (Ley N° 30884, 2018)

A su vez que en el artículo 3 señala que *“La adquisición, uso, o comercialización, según corresponda, de bolsas de base polimérica; sorbetes de base polimérica tales como pajitas, pitillos, popotes, cañitas; y recipientes o envases de poliestireno expandido para bebidas y alimentos de consumo humano, en las áreas naturales protegidas, áreas declaradas patrimonio cultural o patrimonio natural de la humanidad, museos, en las playas del litoral y las playas de la Amazonía peruana; así como las entidades de la administración estatal previstas en el artículo 1 de la Ley 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General”.* (Ley N° 30884, 2018).

Decreto Legislativo N° 1278-2016-MINAM sobre Gestión de residuos sólidos

Según el artículo 2 del decreto antes mencionado expresa *“La gestión integral de los residuos sólidos en el país tiene como primera finalidad la prevención o minimización de la generación de residuos sólidos en origen, frente a cualquier otra alternativa. En segundo lugar, respecto de los residuos generados, se prefiere la recuperación y la valorización material y energética de los residuos, entre las cuales se cuenta la reutilización, reciclaje, compostaje, coprocesamiento, entre otras alternativas siempre que se garantice la protección de la salud y del medio ambiente”* (Ministerio del Ambiente, 2016).

- ✓ El diseño aplicado es un diseño experimental de estímulo creciente con tres repeticiones en donde las concentraciones que se trabajaron fueron 8%, 10%, 12%, 14% y 16% de almidón.

3.3.1. Operacionalización de las variables

Tabla 1

Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Técnica/Escala de medición
I Concentración de almidón de almendra de mango	Polisacárido constituido por moléculas de glucosa llamadas amilosa y amilopectina.	- Caracterización	- Humedad. - Carbohidratos. - Amilosa y Amilopectina	- Porcentaje en peso
		- Concentración	- Peso de almidón y agua	- Solución: Porcentaje en peso
D. Películas	Polímero con menor impacto ambiental.	- Calidad	- Solubilidad en agua - Tracción y elongación en la rotura.	Técnica del casting: - Porcentaje de material solubilizado - Mega Pascales - Porcentaje de elongación.

Nota: I: independiente; D: dependiente.

3.4. Población y Muestra

3.4.1. Población

Mango criollo (*Mangifera indica L.*) maduro adquiridos en los mercados de la región Lambayeque.

3.4.2. Muestra

25 semillas igual a 793 g de almendra, escutelo y endocarpio extraídos de mangos criollos.

3.5. Materiales, equipos y reactivos

3.5.1. Materiales

- ✓ Tamiz malla 100.

- ✓ Luna reloj.
- ✓ Pinzas.
- ✓ Vasos precipitados 250 y 500 ml Kimax clase A.
- ✓ Probeta 10 y 100 ml Kimax clase A.
- ✓ Pipeta 10 ml.
- ✓ Piseta.
- ✓ Papel filtro marca Whatman.
- ✓ 01 Matraz Kitasato.
- ✓ Soporte universal.
- ✓ Espátula.
- ✓ Pastillas magnéticas (accesorio del agitador magnético).
- ✓ Mortero de porcelana.
- ✓ Placas de Petri.
- ✓ Guantes de látex.
- ✓ Cuchillos de acero inoxidable.
- ✓ Frascos de muestra (marca SUMELAB).

3.5.2. Equipos

- ✓ Estufa (marca MEMMERT).
- ✓ Espectrofotómetro infrarrojo por transformada de Fourier (marca PERKIN ELMER), modelo Spectrum two, barrido 4000 a 450 cm^{-1} .
- ✓ Agitador magnético con manta térmica (marca THERMO SCIENTIFIC SP142020-33Q).
- ✓ Agitador magnético (marca SYBRON THERMOLYNE Nuova II).
- ✓ Micrómetro digital (marca BAXLO).
- ✓ Tensiómetro (marca TINIUS OLSEN H5K-S).
- ✓ Balanza analítica (marca SARTORIUS ENTRIS).

- ✓ Balanza de precisión (marca EXCELL) modelo BH-300, capacidad Max. 300g, precisión de 0,01g
- ✓ Molino (marca CORONA).

3.5.3. Reactivos

- ✓ Agua destilada.
- ✓ Glicerina.
- ✓ Vinagre (Ácido acético 5% v/v).
- ✓ Aceite vegetal.
- ✓ Lugol-Solución de I₂/KI (0.2 g/2.0 g en 100 ml).

3.6. Métodos y análisis

3.6.1. Preparación de la muestra

Se seleccionó los frutos de mango criollo con características de calidad, carentes de defectos, maduros y se determinaron sus pesos. Con el uso de guante de látex se separó la cáscara, la pulpa y la semilla del mango, siendo esta última expuesta a condiciones ambientales (30 °C) durante 48 horas para lograr un secado que facilite la separación de la almendra del endocarpio fibroso y el escutelo. Se seleccionaron las almendras que estuvieron en buen estado, para los análisis posteriores.

3.6.2. Obtención de harina de almendra de mango

Se determinaron los pesos de las almendras seleccionadas con respecto al fruto , se colocaron en una bandeja , la cual fue llevada a la estufa Marca MEMMERT con circulación de aire cortados en trozos pequeños para ser secadas a 40°C durante 48 horas, al término del cual se utilizó un molino Marca CORONA y posteriormente un mortero de porcelana de laboratorio, para luego pasarlo por un Tamiz malla 100 obteniéndose la harina, la misma que fue almacenada para posteriores análisis ,en frascos de muestras biológicas con tapa rosca Marca SUMELAB para evitar que adquiriera la humedad y microorganismos del medio ambiente que pudieran causarle daño.

3.6.3. Caracterización de la harina de almendra de mango

3.6.3.1. Identificación de los grupos funcionales de la almendra de mango criollo

Una muestra de 20 gramos fue analizada por espectrofotometría infrarroja por transformada Fourier el cual se llevó a cabo en el laboratorio de Farmacognosia de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT).

3.6.3.2. Análisis proximal de la almendra de mango criollo

Se pesó 30 gramos de harina y se siguió los métodos recomendados por la AOAC INTERNATIONAL-2016:

- ✓ Humedad: Método de la estufa a 105°C. (AOAC.925.10)
- ✓ Cenizas (AOAC.923.03)
- ✓ Proteína (AOAC.920.87)
- ✓ Fibra: Determinación de fibra cruda (AOAC. 962.09)
- ✓ Grasas (AOAC. 930.09)
- ✓ Carbohidratos: Se determinó por diferencia de los análisis anteriormente mencionados.

3.6.3.3. Análisis químico a la almendra de mango criollo

Se tomó como referencia el método cualitativo de Correa (2019) utilizado para la determinación de polifenoles entre ellos taninos.

3.6.4. Extracción del almidón de la harina de almendra de mango

Se pesó 160 gramos de harina de almendra de mango en una balanza analítica digital marca Sartorius Entris y se colocó en un vaso de precipitado marca Pirex de 500 ml de capacidad con 200 ml de agua destilada, homogenizando con la ayuda de un agitador magnético marca Sybron Thermolyne Nuova II por un periodo de 15 minutos aforándolo con agua hasta los 500ml. Dejando reposar por 2 horas, se observó dos fases. Luego se eliminó el sobrenadante y el sedimento se llevó a la estufa con circulación de aire marca Mermmet a 40 °C durante 24 horas y se molió con un mortero hasta ser pulverulento al tacto observando una coloración

marrón claro (presencia de taninos). Finalmente se almacenó en frasco de muestras biológicas con tapa rosca marca Sumelab.

3.6.5. Eliminación de taninos del almidón

Se extrajo los taninos residuales para mejorar la pureza del almidón según el método propuesto por Saavedra (2000), con una concentración optima del bisulfito de sodio al 3%, por 48 horas, al término del cual se procedió al lavado por triplicado con agua destilada. Posteriormente, se llevó a la estufa con circulación de aire marca Mermmet para su secado a 40 °C por 24 horas obteniendo una masa muy compacta, procediendo a una molienda, en un mortero hasta ser pulverulento al tacto.

3.6.6. Análisis para el almidón de almendra de mango

3.6.6.1. Prueba de identificación de almidón

Se pesó 0,5 gramos de almidón en una luna de reloj y se añadió dos gotas del reactivo Lugol, dando positivo para almidón.

3.6.6.2. Caracterización del almidón de almendra de mango criollo

Se utilizó 30 gramos de almidón obtenido, siguiendo los métodos de la AOAC INTERNATIONAL-2016:

- ✓ Humedad: Método de la estufa a 105°C. (AOAC.925.10)
- ✓ Cenizas: Método directo (AOAC.923.03)
- ✓ Grasas: (AOAC. 930.09)
- ✓ Fibra: Determinación de fibra cruda (AOAC. 962.09)
- ✓ Proteína: (AOAC.920.87)
- ✓ Carbohidratos: por diferencia de los análisis anteriormente mencionados.

3.6.6.3. Identificación de los grupos funcionales del almidón de almendra de mango criollo

El análisis de grupos funcionales se realizó por espectrofotometría infrarroja por transformada de Fourier.

3.6.6.4.Determinación de la composición del almidón

El análisis se realizó en el Laboratorio de Investigación e Instrumentación de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y se aplicó el método reportado por Hoover y Ratnayake (2001) con ligeras modificaciones.

3.6.7.Elaboración de las películas

Se tomó el método seguido de Meza (2016), quien elaboró un bioplástico teniendo como insumos 5 ml de glicerina, 3 ml de ácido acético, 10 g de almidón, 60 ml de agua destilada y a una temperatura de 150°C.

La elaboración de las muestras de las películas se realizó en el laboratorio de Química Orgánica de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque.

En la tabla 2 se presenta la relación de los aditivos usados en la elaboración de películas.

Tabla 2

Aditivos usados durante la elaboración de las películas

F	Almidón (g)	Agua (ml)	Aditivo 1 (ml)	Aditivo 2 (ml)	Temperatura del agitador (°C)
350 rpm					
A	4	50	2	1.2	140
B	5	50	2.5	1.5	140
C	6	50	3	1.8	140
D	7	50	3.5	2.1	140
E	8	50	4	2.4	140
213 rpm					

Nota. F: formulación, Aditivo 1: Glicerina, Aditivo 2: ácido acético (vinagre), adaptado de Meza,2016.

Según la formulación requerida (tabla 2), en un vaso precipitado de 250 ml se añadió 50 ml de agua destilada, y se puso en contacto en el agitador magnético con manta térmica marca Thermo Scientific agitando a 350 rpm y con el indicador de temperatura apagado.

Posteriormente se añadió 4,5,6,7,8 g de almidón, diluyéndolo de a pocos para evitar la formación de grumos por espacio de 5 minutos, luego el ácido acético al 5 % (vinagre) con una pipeta. Después de 5 minutos, con una probeta se vertió glicerina, esperar por 5 minutos más para la homogenización, incrementando la temperatura hasta 140 °C y disminuyendo la agitación a 213 rpm. Observándose la formación de dos fases, finalmente la gelatinización terminó cuando se observó en la solución una sola fase y/o una 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 de consistencia viscosa y se colocó en la estufa con circulación de aire a 65 °C por tres horas. Después del secado se almacenó rápidamente en un desecador.

3.6.8. Solubilidad de las películas

Se utilizó el método de Trujillo (2014): recorte en trozos por cada película con medidas de 2x3 cm, almacenándolas en un desecador a una humedad relativa próxima al 0% (provisita de sílica gel) durante el transcurso de 7 días.

Transcurrido este tiempo, las muestras se pesaron y cada una se dispuso en un vaso de precipitado de un volumen de 100 ml, para luego trasvasar 80 ml de agua destilada. Las muestras tuvieron una agitación constante por el lapso de 1 h a una temperatura ambiente de 25°C. Terminando el tiempo de agitación, los trozos de películas se secaron en una estufa a 60°C por el lapso de 2h; este análisis se llevó a cabo por triplicado. El porcentaje de materia soluble (% solubilidad) se rigió con la formula siguiente:

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

3.6.9.Espesor

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

3.6.10. Pruebas mecánicas

3.6.10.1. Resistencia a la tracción en la rotura.

Se llevó a cabo según la norma internacional ASTM D882-02 con un tensiómetro marca Tinius Olsen H5K-S.

Las muestras de películas se obtuvieron probetas por triplicado de 10 cm de largo por 1 cm de ancho mediante el recorte de estas, 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 $500 \text{ mm} \times \text{min}^{-1}$. Los resultados se calcularon con la siguiente formula:

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

En donde:

- ✓ Rt: Resistencia a la tracción a la rotura (N/mm^2)
- ✓ A: Ancho de la probeta (milímetros)
- ✓ F: Fuerza (newtons)
- ✓ E: Espesor(micrómetros)

Convirtiendo a MPa: $1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa}$

3.6.10.2. Elongación en 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 siguiente formula que se muestra a continuación:

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

En donde:

- ✓ Di: Distancia inicial
- ✓ Df: Distancia final.

3.6.11. Análisis Estadístico

Se utilizó el Software estadístico Minitab 18 para el análisis de varianza (ANOVA-un solo factor) con los métodos de Tukey para comparaciones múltiples para un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$) para los resultados de solubilidad, resistencia a la tracción y elongación de rotura de las películas.

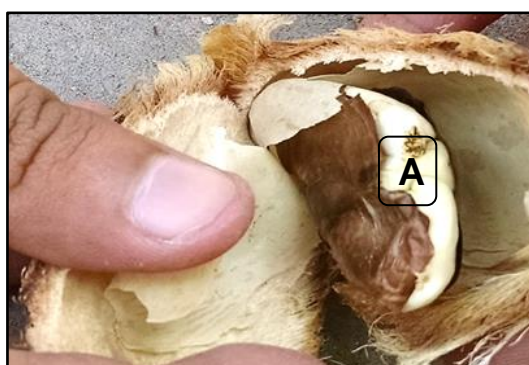
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

4.1.1. Extracción de la almendra de mango criollo

Figura 8

Almendra (A) recubierta con escutelo (color marrón)



4.1.2. Obtención de harina de almendra de mango criollo

Peso promedio del mango a analizar: 195,82 gramos, generándose residuos, cuyos pesos se expresan en porcentaje con respecto al peso total del fruto:

- ✓ Semilla: $16.2 \% = 31.7 \text{ g}$
- ✓ Endocarpio: $9.8\% = 19.2 \text{ g}$
- ✓ Almendra: $6.4\% = 12.5 \text{ g}$
- ✓ 1 kilo de mango = 5 unidades de almendras = 62.57 g

Por lo tanto:

- ✓ Total, de mango criollo usado en el desarrollo de la investigación: $5.6 \text{ Kg} = 350.39 \text{ g}$ de almendra húmeda
- ✓ Humedad en almendra: 35%
- ✓ Harina final después de secado = $350.39 \times (1 - 0.35) = 228 \text{ g}$

Figura 9

Harina tamizada de la almendra de mango criollo



4.1.2.1. Composición proximal de la almendra de mango criollo

Tabla 3

Análisis proximal de la almendra de mango criollo

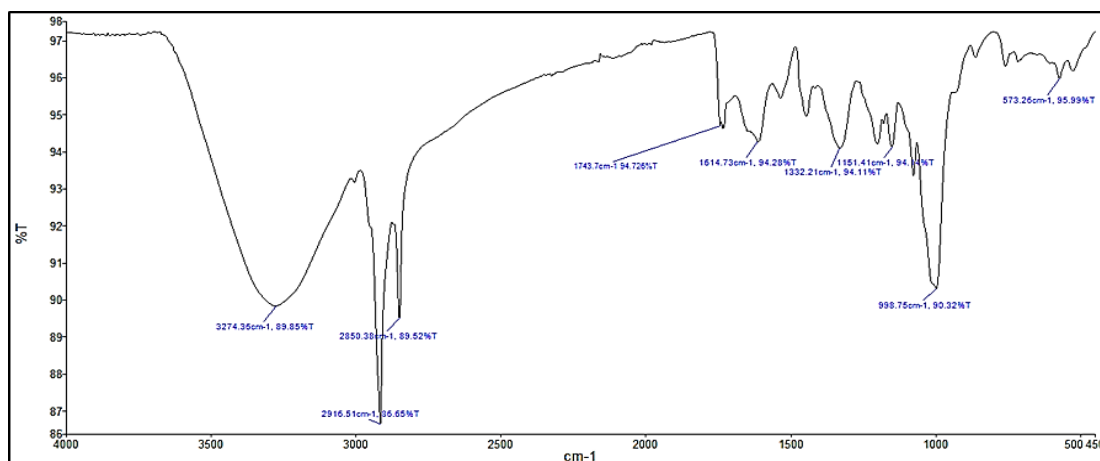
Componentes	Resultado (%)
Humedad	9.50
Fibra	2.75
Proteína	3.99
Grasas	2.10
Cenizas	1.60
Carbohidratos	80.51

Nota. Reporte de laboratorio de Bromatología -UNPRG

4.1.2.2. Identificación de los grupos funcionales de la almendra de mango criollo

Figura 10

Espectro (FTIR) de harina de almendra de mango criollo

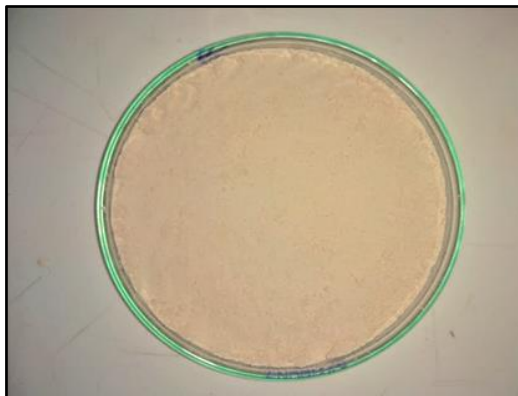


Nota. Reporte de laboratorio de Farmacognosia-UNT.

4.1.3. Extracción del almidón de la harina de almendra de mango

Figura 11

Almidón extraído de la almendra de mango criollo + taninos



4.1.4. Almidón sin taninos

Figura 12

Almidón sin taninos



Tabla 4

Rendimiento de almidón a partir de la almendra de mango maduro de variedad criolla (sin tanino)

Método de extracción	Rendimiento (g / 160 g de harina)	Porcentaje (%)
Con agua	111.20	69.50

Nota. Elaboración propia.

4.1.5. Análisis para el almidón de almendra de mango

4.1.5.1. Análisis proximal

Tabla 5

Análisis fisicoquímico del almidón de la almendra de mango criollo

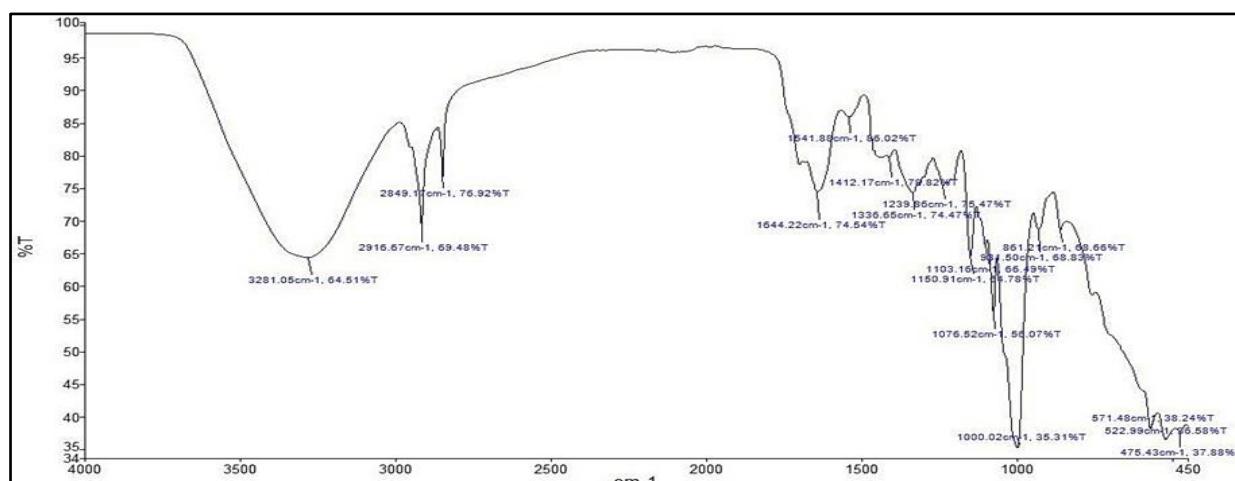
Componentes	Porcentaje (%)
Humedad	8.25
Proteínas	2.39
Grasas	0.70
Carbohidratos	85.91
Cenizas	0.75
Fibra cruda	2.00

Nota. Reporte de laboratorio de Bromatología -UNPRG

4.1.5.2. Identificación de grupos funcionales del almidón de almendra de mango criollo

Figura 13

Espectro (FTIR) del almidón de almendra de mango criollo



Nota. Reporte de laboratorio de Farmacognosia-UNT.

4.1.5.3. Determinación del contenido de amilosa y amilopectina.

Tabla 6

Composición de almidón de almendra de mango criollo

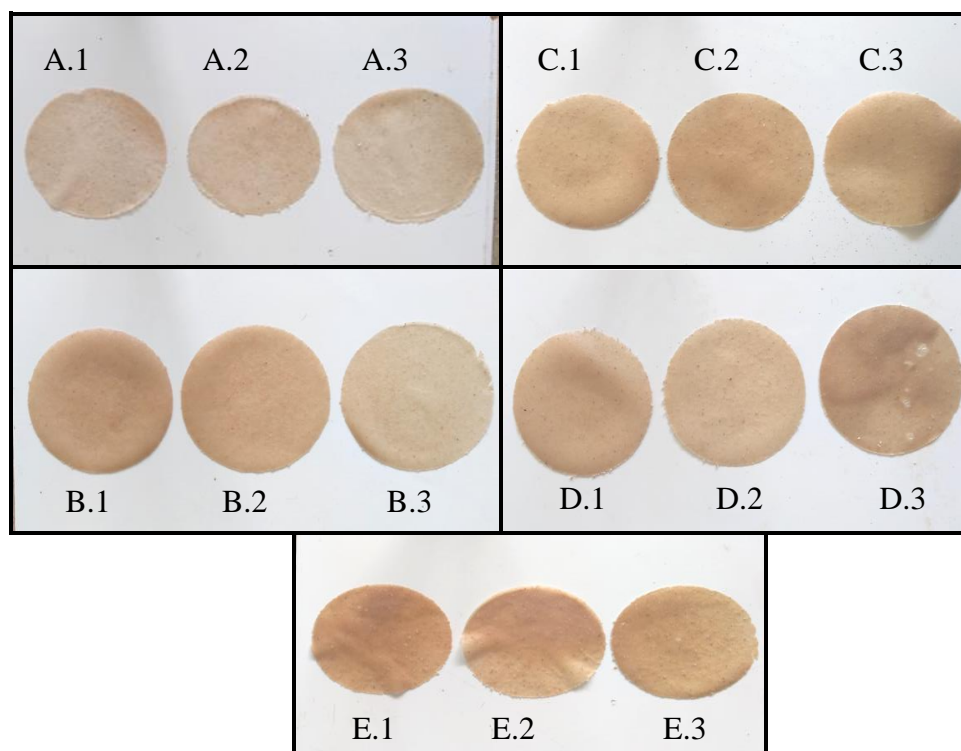
Polímeros	Porcentaje (%)
Amilosa	29.7±0.2
Amilopectina	70.3±0.2

Nota. Reporte de Laboratorio de Investigación e Instrumentación (UNALM).

4.1.6. Obtención de películas

Figura 14

Muestra de películas según formulación A, B, C, D, E (por triplicado)



4.1.6.1. Espesor

Tabla 7

Registro del espesor de las películas

Ítem	Espesor (μm)	Promedio de espesor
A-1	246	313
A-2	310	
A-3	383	
B-1	252	233
B-2	264	
B-3	183	
C-1	730	738.667
C-2	631	
C-3	855	
D-1	282	246.667
D-2	234	
D-3	224	
E-1	304	316.333
E-2	286	
E-3	359	

Nota. Elaboración propia.

4.1.6.2. Solubilidad de las películas.

Los datos de la Tabla 18 (anexos), se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 8

Medias obtenido del análisis de varianza para la solubilidad

Formulación	N	Media (%)
A	3	45.522±2.662
B	3	50.129±0.842
C	3	46.524±0.232
D	3	42.584±0.623
E	3	42.590±0.539

Nota. Desviación estándar agrupada = 1.30606. Elaboración propia -Minitab 18

Figura 15

Solubilidad de las películas según formulación

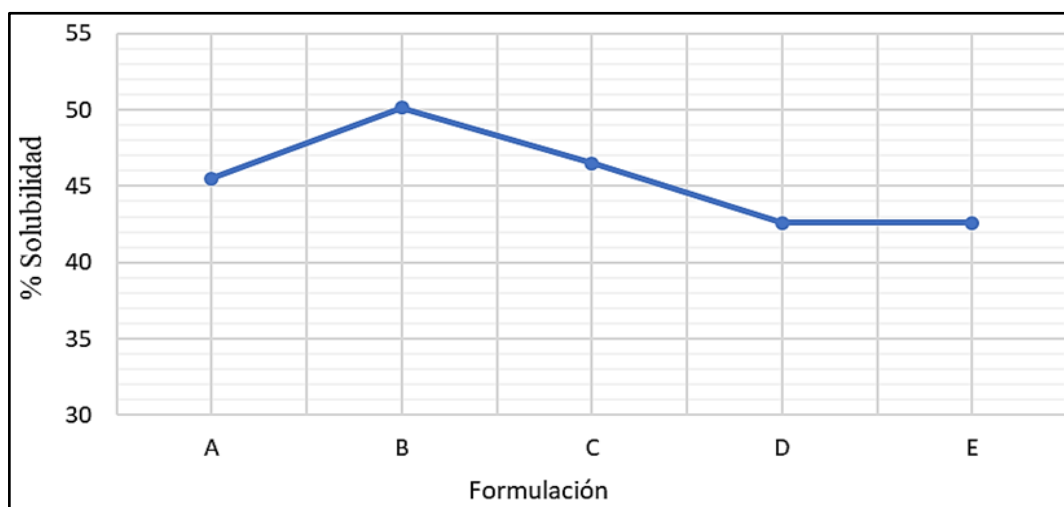


Tabla 9

Análisis de Varianza para los resultados para la solubilidad

Fuente	GL	SC Sec.	C*	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	4	118.332	87.40%	118.332	29.583	17.343	0.0002
Error	10	17.058	12.60%	17.058	1.706		
Total	14	135.390	100.00%				

Nota. C*: contribución. Elaboración propia-Minitab 18.

De la tabla 9 se evidencia que existe diferencia significativa entre los resultados según las formulaciones realizadas en un nivel de confianza de 95% ($\alpha=0.05$).

Tabla 10

Agrupación de información utilizando el método de Tukey para la solubilidad

Formulación	N	Media	Agrupación	
B	3	50.129	A	
C	3	46.524	B	
A	3	45.522	B	C
E	3	42.590	C	
D	3	42.584	C	

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes a un nivel de confianza de 95%. Elaboración propia -Minitab 18

4.1.6.3. Pruebas mecánicas realizadas a las películas

4.1.6.3.1. Resistencia a la tracción en la rotura

Los datos de la Tabla 19 (Anexos), se sintetiza en la siguiente tabla descrita a continuación.

Tabla 11

Medias obtenido del análisis de varianza en la resistencia a la tracción en la rotura

Formulación	N	Media (MPa)
A	3	0.394±0.110
B	3	0.680±0.087
C	3	0.328±0.051
D	3	0.376±0.083
E	3	0.218±0.056

Nota. Desviación estándar agrupada = 0.0804273. Elaboración propia-Minitab 18.

Figura 16

Resultados del ensayo de resistencia a la tracción de las películas

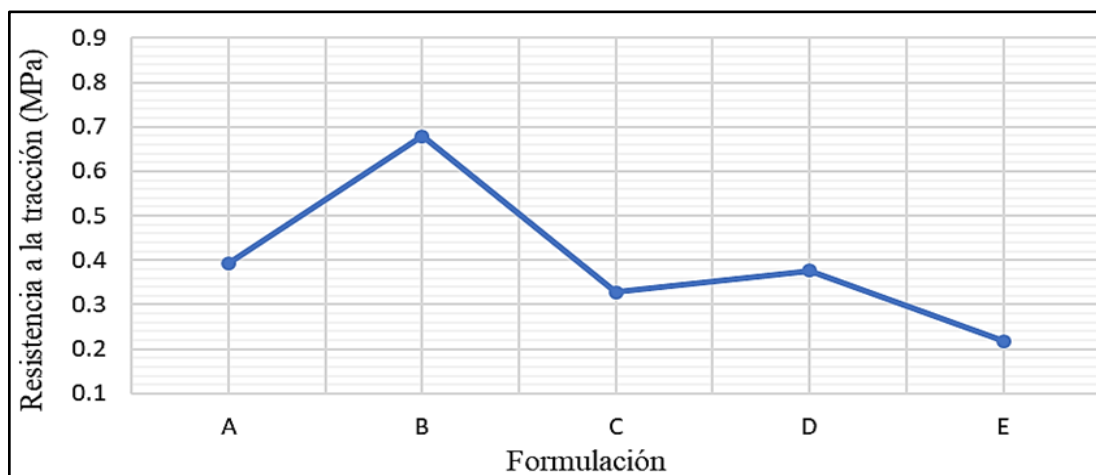


Tabla 12

Análisis de varianza de la resistencia a la tracción en la rotura

Fuente	GL	SC Sec.	C*	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	4	0.3513	84.45%	0.3513	0.0878	13.5791	0.0005
Error	10	0.0647	15.55%	0.0647	0.0065		
Total	14	0.4160	100.00%				

Nota. C*: Contribución. Elaboración propia Minitab-18

De la tabla 12 podemos evidenciar que existe diferencia significativa entre los resultados según las formulaciones realizadas en un nivel de confianza de 95% ($\alpha=0.05$).

Tabla 13

Agrupación de información utilizando el método de Tukey para la resistencia a la tracción en la rotura

Formulación	N	Media	Agrupación
B	3	0.680	A
A	3	0.394	B
D	3	0.376	B
C	3	0.328	B
E	3	0.218	B

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes a un nivel de confianza de 95%. Elaboración propia -Minitab 18

4.1.6.3.2. Elongación en la rotura.

Tabla 14

Medias obtenido del análisis de varianza en la elongación en la rotura

Formulación	N	Media (%)
A	3	18.000±4.000
B	3	15.670±2.649
C	3	29.333±1.155
D	3	33.045±3.829
E	3	29.359±7.849

Nota. Desviación estándar agrupada = 4.48582. Elaboración propia- Minitab 18

Figura 17

Ensayo de elongación a la rotura de las películas elaboradas

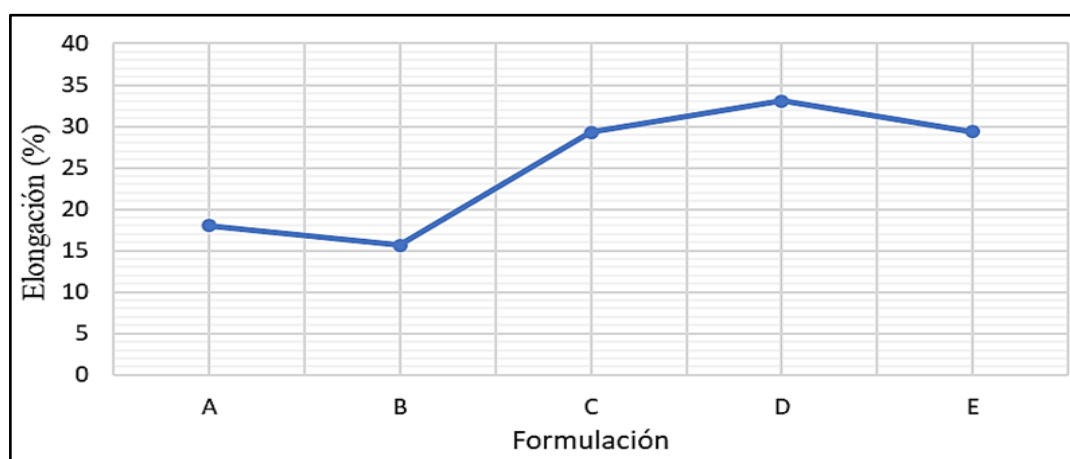


Tabla 15

Análisis de Varianza en la elongación en la rotura

Fuente	GL	SC Sec.	C*	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Formulación	4	715.557	78.05%	715.557	178.889	8.890	0.002
Error	10	201.226	21.95%	201.226	20.123		
Total	14	916.782	100.00%				

Nota. C*: Contribución. Elaboración propia- Minitab 18

Al realizar el análisis de varianza (ANOVA) en la tabla 15, se evidencia que existe diferencia significativa al comparar entre los resultados según las formulaciones realizadas en un nivel

de confianza de 95% ($\alpha=0.05$).

Tabla 16

Agrupación de información utilizando el método de Tukey en la elongación en la rotura

Formulación	N	Media	Agrupación	
D	3	33.045	A	
E	3	29.359	A	B
C	3	29.333	A	B
A	3	18.000		B C
B	3	15.670		C

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Nivel de confianza de 95%. Elaboración propia-Minitab 18

4.2.Discusiones

El análisis proximal de la almendra de mango criollo de la región Lambayeque contiene 80.51% en carbohidratos como se menciona en la

Tabla 3, valores que difiere de Correa (2019) que reporta 69.78 % en base seca de carbohidratos en almendras de mango criollo de Chulucanas-Piura ; la presencia de carbohidratos se corrobora con el espectro infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) que se muestra en la Figura 10 a 3274 cm^{-1} indica presencia de grupos O-H, 2916 cm^{-1} y 2850 cm^{-1} de estiramiento C-H, asociados a la presencia de carbohidratos.

En la Tabla 4, indica un rendimiento de almidón de 69.5 % a partir de la harina de almendra de mango de la región Lambayeque , valores que difieren de Maulida, Kartika, Harahap y Ginting (2018) reportan un rendimiento de 43.20% de almidón de almendra de mango proveniente de la región de Medan-Indonesia; y por Yatnatti & Vijayalakshmi (2018) con 73.70% de almidón de almendra de mango de la variedad Totapuri proveniente de

Karnataka, India; todas estas diferencias se deben al tipo de suelo y diferencias climáticas en la que crece el mango criollo.

En la Tabla 5, el almidón de mango criollo de la región Lambayeque contiene 85.91 % en carbohidratos hasta la fecha no se encontraron estudios sobre este tipo de mango. Saavedra (2000) que precisa un contenido final de 81.95% en carbohidratos en el almidón de almendra de mango criollos de la región de Tarapoto-Perú, también Yatnatti & Vijayalakshmi (2018) reportan 80.72 % en carbohidratos en el almidón de almendra de mango de la variedad Totapuri proveniente de Karnataka, India; estos resultados son bastantes cercanos a lo obtenido en esta investigación; además la presencia de carbohidratos en el almidón se corrobora con el espectro (FTIR) de la Figura 13 a 3281 cm^{-1} de grupos O-H, 2916 cm^{-1} y 2849 cm^{-1} se observa los grupos alifáticos del tipo Csp³-H.

El almidón de almendra de mango criollo contiene $29.7\pm0.2\%$ de amilosa y $70.3\pm0.2\%$ de amilopectina (Tabla 6); resultados acordes a lo obtenido por Ferreira et al (2019) con un contenido de 25.26% de amilosa y 74.74% de amilopectina de del mango de la variedad Tommy Atkins proveniente de la ciudad de Paraíba, Brasil; pero que difiere ligeramente de Saavedra (2000) indica una composición de 39.67% de amilosa y 60.33% de amilopectina de la variedad Criolla procedente de la ciudad de Tarapoto-Perú.

En la Tabla 10 del método de tukey para la solubilidad, se observa que en la formulación B (10%) existe diferencia significativa al 95% de confianza comparando con las formulaciones A(8%), C(12%), D(14%) y E(16%), ocupando el primer orden. Asimismo, se observa una ligera disminución de la solubilidad de las películas al aumentar la cantidad de almidón de mango como se muestra en la Figura, debido que el almidón final contiene trazas de grasa (Tabla 5), esto coincide con lo reportado por Maryam, Jamilah & Nur Hanani (2017) que al agregar un 1% de almidón de almendra de mango de Malasia con proteína de soya aislada solubilizó un $1.88\pm0.05\%$, y con 5% de almidón solubilizó $1.34\pm0.65\%$; También se observa

una elevada solubilidad comparando con Basiak et al.(2017) que reporta $44.76 \pm 0.31\%$ de solubilidad en películas almidón de maíz siendo menor a la de esta investigación , causado por los enlaces OH presentes en la amilosa.

En la Tabla 13 del método tukey para la resistencia a la tracción a la rotura, vemos que el resultado de la formulación B existe diferencia significativa al 95% de confianza comparando con los resultados de las formulaciones A, C, D y E, pero entre estos no existe diferencia significativa.

En la Tabla 16 del método de tukey para la elongación de rotura, vemos que en la formulación D existe diferencia significativa al 95% de confianza comparando con las formulaciones A y B, y significativamente igual a las formulaciones E y C pero por ser el mayor de las medias ocupa el primer orden.

El efecto que se observó cuando se aumentó la cantidad de almidón de almendra de mango fue que la elongación a la rotura aumentó (Figura) esto debido a la amilosa (polímero lineal) y la resistencia de tracción disminuyó (Figura) por causa de la cantidad de glicerina que genera flexibilidad y disminuye las fuerzas intermoleculares, y el ácido acético por la hidrólisis generada. ; dando como resultados máximos en resistencia a la tracción a la rotura de 0.680 ± 0.087 MPa (formulación B) y en elongación a la rotura de 33.045 ± 3.829 % (formulación D). Esto se comprueba con en el análisis estadístico.

En investigaciones similares con almidones y aditivos se reportaron resultados mayores en la resistencia a la tracción a la rotura como Ballesteros-Mártinez et al.(2020), Basiak et al., (2017) , Nawab, Alam, Haq, & Hasnain (2016) y Meza (2016) que obtuvieron 9.78 ± 0.61 MPa , 3.72 ± 0.81 MPa, 57 ± 0.25 MPa y 1.47 MPa respectivamente; Andrade, Ferreira, & Gonçalves (2016) reportó 0.084 ± 0.02184 (MPa) valor menor a la de la presente investigación. En cambio, la elongación de rotura se aproxima a los resultados de Andrade, Ferreira, & Gonçalves (2016) con $34,49 \pm 5,11\%$ y Nawab, Alam, Haq, & Hasnain (2016)

con $37.06 \pm 1.77\%$; Meza (2016) reporta 19.99% , Ballesteros-Mártinez et al.(2020) señala $13.24 \pm 0.27\%$ y Basiak et al. (2017) con $19.13 \pm 4.53\%$ cifras menores a la de esta investigación.

La Figura muestra las películas obtenidas según las formulaciones A, B, C, D y E (por triplicado) que, de acuerdo a la prueba de solubilidad, resistencia a la tracción y elongación de rotura, la más optima se considera la formulación D.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.Conclusiones

- ✓ La caracterización de la almendra de mango criollo (*mangifera indica L.*) de la región Lambayeque, indica la presencia de polímeros entre ellos carbohidratos con un 80.51%.
- ✓ La extracción el almidón de la almendra de mango criollo (*mangifera indica L.*) maduro de la región Lambayeque, tiene un rendimiento de 69.50 %; siendo su contenido de amilosa del 29.7 ± 0.2 % y amilopectina del $70.3\pm0.2\%$.
- ✓ La cantidad de almidón optima en la solución formadora de películas fue la correspondiente a la formulación D (7 g de almidón, 3.50 ml de glicerina, 2.10 ml de ácido acético y 50 ml de agua)
- ✓ Las propiedades físicas y mecánicas optimas corresponden a la película con formulación D, con un espesor de 246.667 μm , solubilidad de 42.584 %, resistencia a la tracción de 0.376 MPa y elongación de rotura de 33.045%

5.2.Recomendaciones

- ✓ Impulsar el uso de métodos (vía húmeda, etc.) sostenibles en la extracción de almidón de la almendra de mango.
- ✓ Realizar otros análisis gravimétricos como densidad, biodegradabilidad, etc.; y la microscopia electrónica de barrido a las películas.
- ✓ Utilizar otras técnicas (inyección, extrusión, etc.) para uniformizar el espesor de las películas.
- ✓ Realizar estudios similares de caracterización y extracción de almidón partir de otras semillas de frutos de la zona, ya que la región de Lambayeque cuenta con una gran biodiversidad de flora.

- ✓ Se recomienda a la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo adquirir un tensiómetro para las futuras investigaciones de nuevos materiales de distinta índole.

VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- American Society for Testing and Materials. (2018). Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, ASTM International. *ASTM D882-18*, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018,14, 1–12. <https://doi.org/10.1520/D0882-18>
- Andrade, R. M. S., Ferreira, M. S. L., & Gonçalves, É. C. B. A. (2016). Development and Characterization of Edible Films Based on Fruit and Vegetable Residues. *Journal of Food Science*, 81(2), E412–E418. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13192>
- Arab-Tehrany, E., Sánchez-González, L., Cháfer, M., González-Martínez, C., & Chiralt, A. (2014). Active Edible and Biodegradable Starch Films. In *Polysaccharides* (pp. 1–15). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-03751-6_74-1
- Ballesteros-Mártinez, L., Pérez-Cervera, C., & Andrade-Pizarro, R. (2020). Effect of glycerol and sorbitol concentrations on mechanical, optical, and barrier properties of sweet potato starch film. *NFS Journal*, 20(April), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.06.002>
- 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>
- BeMiller, J., & Whistler, R. (2009). Starch: Chemistry and Technology. In *Academic Press* (Third Edit). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-746275-2.00024-0>
- Bertuzzi, M. A., Gottifredi, J. C., & Armada, M. (2012). Mechanical properties of a high amylose content corn starch based film, gelatinized at low temperature. *Brazilian Journal of Food Technology*, 15(3), 219–227. <https://doi.org/10.1590/s1981-67232012005000015>
- Calderon santa Cruz, K. (2013). *Optimización del contenido de compuestos bioactivos en el néctar mixto elaborado a partir de zumos de maracuyá (Passiflora edulis), carambola (Averrhoa carambola) y mango (Mangifera indica) utilizando el diseño de mezclas*

- [Tesis pre-grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
<http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/2015>
- Campos, M., & García, I. (2020). *Efecto del pH y tiempo de contacto de los residuos de mango criollo (Mangifera indica L.) en la adsorción de plomo de soluciones acuosas*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Catalogue of Life: Annual Checklist. (2017). *Nombre científico de Mangifera indica L.*
www.catalogueoflife.org
- Charro, M. (2015). *Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata* [Tesis pre-grado, Universidad Central Del Ecuador].
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>
- Chen, M. C., Yeh, G. H. C., & Chiang, B. H. (1996). Antimicrobial and physicochemical properties of methylcellulose and chitosan films containing a preservative. *Journal of Food Processing and Preservation*, 20(5), 379–390. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1996.tb00754.x>
- Chuta, F., & Cornejo, E. (2017). *Optimización del proceso de secado de películas biodegradables formuladas a partir de suero de leche y goma de tara (Caesalpinia spinosa)* [Universidad Nacional de San Agustín].
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2563/IQchtifm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Correa, D. (2019). *Efecto del tiempo de extracción y tipo de solvente en el rendimiento de taninos de la semilla de mango criollo (Mangifera Indica L.) y su aplicación en el curtido de pieles* [Tesis pre-grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
<http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/4388>
- da Costa, F. J. O. G., Leivas, C. L., Waszczynskyj, N., Bueno de Godoi, R. C., Helm, C. V., Colman, T. A. D., & Schnitzler, E. (2013). Characterisation of native starches of seeds of *Araucaria angustifolia* from four germplasm collections. *Thermochimica Acta*, 565, 172–177. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2013.04.030>

- Enríquez, M., Velasco, R., & Ortiz, V. (2012). Composición Y Procesamiento De Películas Biodegradables Basadas En Almidón. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 182–192.
- Espinosa, V. (2008). *Estudios Estructurales de almidón de fuentes no convencionales: Mango (Mangifera indica L.) y plátano (Musa paradisiaca L.)*. [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional de Yatepec]. [https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/3598/ESTUDIOSESTRUCTURALE S.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/3598/ESTUDIOSESTRUCTURALE%20S.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- 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>
- Garde Izquierdo, G. (2014). *Efecto de la adición, tipo y concentracion de nanoarcilla sobre las propiedades mecánicas y de barrera de películas biodegradables basados en quitosano* [Tesis de Maestría, Universidad Pública de Navarra]. <http://academica-e.unavarra.es/handle/2454/12224>
- Han, J. (2014). *Innovations in Food Packaging*. Elsevier Academic.
- Hernández, k. (2016). *Formulación y caracterización de películas comestibles de almidón de papa nativo y modificado*. [Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana]. <https://www.uv.mx/mca/files/2018/01/KAREN-ANNAI-HERNANDEZ-CABRERA.pdf>
- Herrera, A. (2014). *Evaluación de la influencia del grado de acetilación del almidón de arracacha (arracacia xanthorrhiza) sobre algunas de sus propiedades fisicoquímicas* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <http://bdigital.unal.edu.co/45940/1/alberto-enrique-herreramarquez.pdf>
- Hoover, R., & Ratnayake, W. S. (2005). Determination of Total Amylose Content Of Starch. *Handbook of Food Analytical Chemistry*, 1–2, 689–693. <https://doi.org/10.1002/0471709085.ch16>

- Ikegwu, O. J., Okechukwu, P. E., & Ekumankana, E. O. (2010). Physico-Chemical and Pasting Characteristics of Flour and Starch from Achi *Brachystegia eurycoma* Seed. *Journal of Food Technology*, 8(2), 58–66. <https://doi.org/10.3923/jftech.2010.58.66>
- INFOAGRO. (2016). *El cultivo de Mango*. http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/mango.htm
- Iñiguez, A., & Castillo, A. (2010). *Obtención del ácido láctico a partir del almidón de papa (Solanum Tuberosum L), como materia prima para la fabricación de material descartable biodegradable* [Tesis de pre-grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1514>
- Jiménez, E., & Martínez, S. (2016). *Obtención y caracterización física y química del almidón de yuca (Manihot esculentum) variedad guayape* [Tesis de pre-grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/865>
- Jiménez-Hernández, J., Meneses-Esparza, F., Rosendo-Escobar, J., Vivar-Vera, M. A., Bello-Pérez, L. A., & García-Suárez, F. J. (2011). Extracción y caracterización del almidón de las semillas de *Enterolobium cyclocarpum* Extraction and characterization of starch from *Enterolobium cyclocarpum* seeds. *CyTA - Journal of Food*, 9(2), 89–95. <https://doi.org/10.1080/19476331003743626>
- Ley N° 30884. (2018). *Diario Oficial El Peruano* (pp. 5–9). <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-que-regula-el-plastico-de-un-solo-uso-y-los-recipientes-ley-n-30884-1724734-1/>
- Madruga, M. S., de Albuquerque, F. S. M., Silva, I. R. A., do Amaral, D. S., Magnani, M., & Queiroga Neto, V. (2014). Chemical, morphological and functional properties of Brazilian jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) seeds starch. *Food Chemistry*, 143, 440–445. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.003>
- Maryam Adilah, Z. A., Jamilah, B., & Nur Hanani, Z. A. (2018). Functional and antioxidant properties of protein-based films incorporated with mango kernel extract for active packaging. *Food Hydrocolloids*, 74, 207–218. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.08.017>

- Maryam, Anwar Kasim, & Santosa. (2016). Utilization Starch of Avocado Seed (*Persea Americana* Mill.) as a Raw Material for Dextrin. *Journal of Food Science and Engineering*, 6(1). <https://doi.org/10.17265/2159-5828/2016.01.005>
- 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>
- Medina, C., Paredes, A., Rodríguez, M. E., Moreno, M., Belén-Camacho, D., García, D., & Ojeda, C. (2010). Evaluación de dos métodos de extracción de almidón a partir de cotiledones de mango. *Bioagro*, 22(1), 67–74.
- Meré, J. (2009). *Procesado De Un Polímero Termoplástico Basado En Almidón De Patata Amigable Con El Medio Ambiente* [Tesis de pre-grado, Universidad Carlos III de Madrid]. https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/10823/PFC_Javier_Mere_Marcos.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Meza, P. (2016). *Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio* [Tesis de pre-grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2016>
- Ministerio de Agricultura y Riego (2017). *Dirección General de Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura y Riego. Boletín Perfil Técnico N°4*. <http://www.minagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis2017?download=11210:boletin-de-mango-crecen-exportaciones-peruanas>
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Decreto Legislativo N° 1278-2016-MINAM*. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf>

- Moorthy, S. N. (2002). Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: A review. *Starch/Stärke*, 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)
- 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>
- Oropeza González, R. A., Montes Hernández, A. I., Alberto, C., & Pereira, P. (2016). Películas biodegradables a base de almidón: propiedades mecánicas, funcionales y biodegradación Biodegradable films based on starch: mechanical/functional properties and biodegradation. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 7(1), 65–093. <https://sites.google.com/site/1rvcta>
- Otoni, C. G., Avena-Bustillos, R. J., Azeredo, H. M. C., Lorevice, M. V., Moura, M. R., Mattoso, L. H. C., & McHugh, T. H. (2017). Recent Advances on Edible Films Based on Fruits and Vegetables-A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(5), 1151–1169. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12281>
- Peña, E. (2017). *Extracción y caracterización fisicoquímica y funcional de almidones de cinco variedades de papas nativas procedentes de Ilave (Puno)* [Tesis de pre-grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2655>
- Saavedra, J. (2000). *Obtención y caracterización del almidón de la almendra del mango (Mangifera indica L.) variedad criolla* [Tesis de pre-grado, Universidad Nacional de San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/49>
- Salas, S. (2018). *Caracterización fisicoquímica y propiedades funcionales del almidón de arracacha (Arracacia xanthorrhiza) modificado por irradiación UV-C*. [Tesis de Maestría, Universidad del Tolima]. <http://repository.ut.edu.co/handle/001/2488>
- Schirmer, M., Höchstötter, A., Jekle, M., Arendt, E., & Becker, T. (2013). Physicochemical and morphological characterization of different starches with variable amylose/amylopectin ratio. *Food Hydrocolloids*, 32(1), 52–63. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.11.032>

- Tester, R. F., Karkalas, J., & Qi, X. (2004). Starch: composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science*, 39(2), 151–165. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2003.12.001>
- Torres, K. (2007). *Optimización de la etapa de hidrólisis ácida en el proceso de fosfatación de almidón por extrusión para la encapsulación de aceite esencial de naranja* [Tesis de pre-grado, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/101>
- Trujillo, C. (2014). *Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (manihot esculenta crantz) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos* [Tesis de pre-grado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/65>
- Vaclavik, V. A., Christian, E. W., & Moreno, I. J. (2002). *Fundamentos de Ciencia de Los Alimentos*. Acribia, Editorial, S.A. <https://books.google.com.pe/books?id=OCXdAAAACAAJ>
- Yatnatti, S., & Vijayalakshmi, D. (2018). Study of soup mix incorporated with starch extract from mango “Mangifera indica” seed kernels. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 6(3), 816–825. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.24>

VII. ANEXOS

Tabla 17.

Registro de pesos del fruto y almendra de mango de variedad criolla

Mango	Peso de mango (gramos)	Peso del endocarpio (gramos)	Peso de almendra húmedo (gramos)
1	163.44	16.03	10.64
2	161.83	16.76	10.61
3	185.50	13.40	8.66
4	186.28	17.30	10.63
5	190.30	19.35	10.18
6	198.31	17.02	9.46
7	214.11	23.58	16.32
8	219.00	24.33	14.36
9	218.01	25.65	14.41
10	220.66	26.84	16.54
11	184.89	20.13	13.20
12	182.93	16.22	10.42
13	185.94	21.95	13.67
14	175.83	16.60	10.38
15	198.41	23.89	15.09
16	199.93	20.42	13.60
17	195.51	19.02	12.56
18	214.20	16.19	8.62
19	211.25	27.46	17.28
20	210.00	24.38	13.65
Total	3916.33	406.51	250.28
Promedio	195.82	19.2	12.51

Nota. Elaboración propia.

Figura 18

Identificación cualitativa de taninos con FeCl_3 en harina de almendra de mango



Figura 19

Coloración azul oscuro indica presencia de almidón.



Figura 20

Película a partir de almidón de almendra de mango criollo



Tabla 18*Registro de datos de la determinación del porcentaje de solubilidad de las películas*

Ítem	N° prueba	Medida(cm)	Peso seco 1	Peso seco 2	Solubilidad (%)
A	1.1	2x3	0.245	0.141	42.449
A	1.2	2x3	0.2173	0.1149	47.124
A	1.3	2x3	0.1896	0.1005	46.994
B	2.1	2x3	0.1472	0.0739	49.796
B	2.2	2x3	0.184	0.09	51.087
B	2.3	2x3	0.2119	0.107	49.504
C	3.1	2x3	0.2296	0.1222	46.777
C	3.2	2x3	0.1971	0.1055	46.474
C	3.3	2x3	0.2066	0.1109	46.321
D	4.1	2x3	0.2644	0.1525	42.322
D	4.2	2x3	0.2613	0.1512	42.135
D	4.3	2x3	0.261	0.148	43.295
E	5.1	2x3	0.2298	0.1305	43.211
E	5.2	2x3	0.2521	0.1456	42.245
E	5.3	2x3	0.268	0.1546	42.313

Nota. 1=inicial, 2= final. Elaboración propia.**Figura 21***Tensiómetro marca Tinius Olsen H5K-S lista para realizar las pruebas mecánicas*

Tabla 19*Datos registrados durante las pruebas mecánicas realizadas a las películas*

Ítem	Resistencia a la tracción			Elongación		
	Ancho (mm)	Fuerza (N)	Resistencia a la tracción (MPa)	Distancia inicial (mm)	Distancia final (mm)	Elongación (%)
A-1	10	0.950	0.304	50	61.000	22.000
A-2		1.616	0.516	50	59.000	18.000
A-3		1.133	0.362	50	57.000	14.000
B-1	10	1.400	0.601	50	57.016	14.032
B-2		1.800	0.773	50	57.126	14.252
B-3		1.550	0.665	50	59.363	18.726
C-1	10	2.500	0.338	50	65.000	30.000
C-2		2.760	0.374	50	65.000	30.000
C-3		2.016	0.273	50	64.000	28.000
D-1	10	0.700	0.284	50	64.318	28.636
D-2		1.100	0.446	50	67.763	35.526
D-3		0.983	0.399	50	67.487	34.974
E-1	10	0.883	0.279	50	68.569	37.138
E-2		0.650	0.205	50	64.748	29.496
E-3		0.533	0.168	50	60.721	21.442

Nota. Elaboración propia.

Tabla 20*Comparación múltiple de Tukey para la solubilidad*

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
B - A	4.607	1.066	(1.101; 8.113)	4.320	0.010
C - A	1.002	1.066	(-2.504; 4.508)	0.940	0.875
D - A	-2.938	1.066	(-6.444; 0.568)	-2.755	0.114
E - A	-2.932	1.066	(-6.438; 0.574)	-2.750	0.115
C - B	-3.605	1.066	(-7.111; -0.099)	-3.381	0.044
D - B	-7.545	1.066	(-11.051; -4.039)	-7.075	0.000
E - B	-7.539	1.066	(-11.046; -4.033)	-7.070	0.000
D - C	-3.940	1.066	(-7.446; -0.433)	-3.695	0.027
E - C	-3.934	1.066	(-7.440; -0.428)	-3.689	0.027
E - D	0.006	1.066	(-3.501; 3.512)	0.005	1.000

Nota. Nivel de confianza individual = 99.18%. Elaboración propia-Minitab 18**Tabla 21***Comparación múltiple de Tukey para resistencia de tracción a la rotura*

Diferencia a de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia a	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
B - A	0.286	0.066	(0.070; 0.502)	4.349	0.010
C - A	-0.066	0.066	(-0.282; 0.150)	-0.999	0.850
D - A	-0.018	0.066	(-0.234; 0.198)	-0.272	0.999
E - A	-0.176	0.066	(-0.392; 0.040)	-2.684	0.127
C - B	-0.351	0.066	(-0.567; -0.135)	-5.348	0.002
D - B	-0.303	0.066	(-0.519; -0.088)	-4.621	0.007
E - B	-0.462	0.066	(-0.678; -0.246)	-7.033	0.000
D - C	0.048	0.066	(-0.168; 0.264)	0.727	0.945
E - C	-0.111	0.066	(-0.327; 0.105)	-1.685	0.483
E - D	-0.158	0.066	(-0.374; 0.058)	-2.412	0.189

Nota. Nivel de confianza individual = 99.18%. Elaboración propia-Minitab 18

Tabla 22*Comparación múltiple de Tukey para la elongación a la rotura*

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
B - A	-2.330	3.663	(-14.373; 9.713)	-0.636	0.965
C - A	11.333	3.663	(-0.710; 23.376)	3.094	0.068
D - A	15.045	3.663	(3.002; 27.088)	4.108	0.014
E - A	11.359	3.663	(-0.684; 23.402)	3.101	0.067
C - B	13.663	3.663	(1.620; 25.706)	3.730	0.025
D - B	17.375	3.663	(5.332; 29.418)	4.744	0.005
E - B	13.689	3.663	(1.646; 25.732)	3.737	0.025
D - C	3.712	3.663	(-8.331; 15.755)	1.013	0.844
E - C	0.025	3.663	(-12.018; 12.068)	0.007	1.000
E - D	-3.687	3.663	(-15.730; 8.356)	-1.007	0.847

Nota. Nivel de confianza individual = 99.18%. Elaboración propia-Minitab 18**Figura 22***Probeta de 10 cm de largo y 1 cm de ancho*

Figura 23

Reporte de laboratorio del análisis de harina de almendra de mango criollo




		<p>Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Facultad de Ciencias Biológicas LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA</p>			
INFORME DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS					
LUIS TORRES DIAZ					
SOLICITA ANÁLISIS BROMATOLÓGICO					
SOLICITUD VERBAL					
04- SETIEMBRE - 2019					
I.-	DATOS DEL SOLICITANTE:				
	Nombre	:	LUIS TORRES DIAZ.		
	Expediente	:	Exp. Fecha: 04.09.2019		
II.-	DATOS DE LA MUESTRA				
	Nombre	:	HARINA DE PEPA DE MANGO (Mangifera indica)		
	Forma de Presentación	:	Taper.		
	Estado del envase	:	Bueno.		
	Naturaleza del envase	:	Plástico.		
	Marca	:	NO INDICA.		
	Procedencia	:	NO INDICA.		
	Peso bruto declarado	:	NO INDICA.		
	Peso neto declarado	:	NO INDICA.		
	Peso bruto determinado	:	51 g		
	Peso neto determinado	:	31 g		
	Rendimiento	:	NO INDICA.		
	Fecha de Producción	:	NO INDICA.		
	Fecha de Vencimiento	:	NO INDICA.		
	Registro Sanitario	:	NO INDICA.		
	Llegada al laboratorio	:	04 - 09 - 2 019		
	Fecha de análisis	:	05 - 09 - 2019		
III.-	TIPO DE ANALISIS				
	- ORGANOLEPTICO				
	- FISICO - QUIMICO				
IV.-	DOCUMENTO NORMATIVO				
	Reglamento sobre vigilancia y control Sanitario de Alimentos y Bebidas (D.S. 007-98-SA).				
V.-	RESULTADO DEL ANALISIS				
	1. Caracteres Organolépticos:				
	Color	:	Marrón claro.		
	Olor	:	Suigéneris.		
	Sabor	:	Suigéneris.		
	Aspecto	:	Pulverulento homogéneo y limpio		
	Consistencia	:	Producto seco fácilmente disgregable.		
	4. Determinaciones Físico - químicas:				
	Humedad	:	09,05%	Método empleado:	AOAC.925.10. 20th edition 2016.
	Materia Seca	:	90,95%	Método empleado:	Por diferencia.
	Acidez	:	00,15	Método empleado:	(Expresado en H ₂ SO ₄) Método empleado NTP 205.039-75. (Revisada el 2016).
	Proteínas base seca	:	03,99%	(Nx5,70) Método empleado:	AOAC.920.87.20th edition 2016.
	Grasas base seca	:	02,10%	Método empleado:	AOAC. 923.05.20th edition 2016.
	E.L.N.	:	80,51%	Método empleado:	Por diferencia.
	Cenizas base seca	:	01,60%	Método empleado:	AOAC.923.03.20th.2016.
	Fibra cruda base seca	:	02,75%	Método empleado:	AOAC. 962.09.20th.2016.
	Energía total	:	356.90	Kcal/100g (Fórmula de Atwater).	
	Valor nutritivo	:	21,44	(Fórmula de Atwater).	
	Prueba al tacto	:	Normal.		
	Solubilidad	:	88% deja sedimento.		
VI.-	CONCLUSIONES: Se expide el presente certificado para los fines convenientes.				
Lambayeque, 09 de agosto del 2019					
					
<p>Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA MSc. José Reupé Periche C.B.P. 2463 JEFE</p>					

Figura 24

Reporte de laboratorio del análisis de almidón de almendra de mango criollo

	<p>Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo</p> <p>Facultad de Ciencias Biológicas</p> <p>LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA</p>	
<p>INFORME DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS</p>		
<p>LUIS TORRES DIAZ</p>		
<p>SOLICITA ANÁLISIS BROMATOLÓGICO</p>		
<p>SOLICITUD VERBAL</p>		
<p>20= JULIO = 2019</p>		
I.-	DATOS DEL SOLICITANTE:	
	Nombre : LUIS TORRES DIAZ.	
	Exepdiente : Exp. Fecha: 20.07.2019	
III.-	DATOS DE LA MUESTRA	
	Nombre : ALMIDÓN DE PEPA DE MANGO (Mangifera indica)	
	Forma de Presentación: Frasco corriente.	
	Estado del envase : Bueno.	
	Naturaleza del envase: Plástico.	
	Marca : NO INDICA.	
	Procedencia : NO INDICA.	
	Peso bruto declarado : NO INDICA.	
	Peso neto declarado : NO INDICA.	
	Rendimiento : NO INDICA.	
	Fecha de Producción : NO INDICA.	
	Fecha de Vencimiento: NO INDICA.	
	Registro Sanitario : NO INDICA.	
	Llegada al laboratorio: 20 - 07 - 2 019	
	Fecha de análisis : 22 - 07 - 2019	
III.-	TIPO DE ANALISIS	
	- ORGANOLEPTICO	
	- FISICO - QUIMICO	
IV.-	DOCUMENTO NORMATIVO	
	Reglamento sobre vigilancia y control Sanitario de Alimentos y Bebidas (D.S. 007-98-SA).	
V.-	RESULTADO DEL ANALISIS	
	1. Caracteres Organolépticos:	
	Color : Marrón claro.	
	Olor : Suigéneris.	
	Sabor : Suigéneris.	
	Aspecto : Pulverulento homogéneo y limpio	
	Consistencia : Producto seco fácilmente disgregable.	
	3. Determinaciones Físico - químicas:	
	Humedad	: 08,25% Método empleado: AOAC.925.10. 20th edition 2016
	Materia Seca	: 91,75% Método empleado: Por diferencia.
	Proteínas base seca	: 02,39% (Nx5,70) Método empleado: AOAC.920.87.20th edition 2016
	Grasas base seca	: 00,70% Método empleado: AOAC. 923.05.20th edition 2016
	E.L.N.	: 85,91% Método empleado: Por diferencia
	Cenizas base seca	: 00,75% Método empleado: AOAC.923.03.20th 2016
	Fibra cruda base seca	: 02,00% Método empleado: AOAC. 962.09.20th.2016
	Energía total	: 359,50 Kcal/100g (Fórmula de Atwater)
	Valor nutritivo	: 36,64 (Fórmula de Atwater)
	Prueba al tacto	: Normal
VI.-	CONCLUSIONES: Se expide el presente certificado para los fines convenientes.	
<p>Lambayeque, 26 de julio del 2019</p>		
 <p>Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA MSc. José Reupó Pantoja C.B.P. 2463 JEFE</p>		
<p>NOTA: La presente certificación es válida por cinco días a partir de la fecha de emisión. La fotocopia no es válida</p>		

Figura 25

Reporte de laboratorio del análisis de la determinación del contenido de amilosa en el almidón





	
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS	
Laboratorio – Grupo de Investigación en Biopolímeros INFORME DE ENSAYO N° (01) LGIBP – N°321 – 22-01-2020	
Producto	: Almidón a partir de almendra de Mango
Marca	: Sin marca
Identificación de muestra	: Sin identificación
Número de muestras	: 01
Cantidad recibida	: Aprox. 200 g
Forma de presentación	: En botella de plástico
Fecha de recepción	: 24-10-19
Ensayo solicitado	: Contenido de porcentaje amilosa
Resultados:	
<hr/>	
Amilosa (% b.s.)	
<hr/>	
29.7 ± 0.2	
<hr/>	
b.s.: base seca	
Promedio ± desviación estándar (n = 2).	
Método utilizado en el laboratorio: Método reportado por Hoover y Ratnayake (2001) con ligeras modificaciones. Hoover, R., Ratnayake, W. (2001). Determination of total amylose content of starch. In: Current protocols in food analytical chemistry. E2.3.1-E2.3.5, Chichester, UK, Editorial John Wiley & Sons.	
Observaciones:	
<ul style="list-style-type: none">▪ El muestreo, las condiciones de muestreo hasta su ingreso a los Laboratorios de la Facultad de Industrias Alimentarias -UNALM son de responsabilidad del solicitante.▪ Los resultados son válidos sólo para la cantidad recibida.	
La Molina, 22 de enero del 2020	
 Ing. Patricia Martínez - FIAL - UNALM	

Figura 26

*Reporte de laboratorio del análisis de la determinación del contenido de amilopectina
almidón*

	
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS	
Laboratorio – Grupo de Investigación en Biopolímeros INFORME DE ENSAYO N° (01) LGIBP – N°321 – 22-01-2020	
Producto	: Almidón a partir de almendra de Mango
Marca	: Sin marca
Identificación de muestra	: Sin identificación
Número de muestras	: 01
Cantidad recibida	: Aprox. 200 g
Forma de presentación	: En botella de plástico
Fecha de recepción	: 24-10-19
Ensayo solicitado	: Contenido de porcentaje amilopectina
Resultados:	
<hr/>	
Amilopectina (% b.s.)	
<hr/>	
70.3 ± 0.2	
<hr/>	
b.s.: base seca	
Promedio ± desviación estándar (n = 2).	
Método utilizado en el laboratorio: Método reportado por Hoover y Ratnayake (2001) con ligeras modificaciones. Hoover, R., Ratnayake, W. (2001). Determination of total amylose content of starch. In: Current protocols in food analytical chemistry. E2.3.1-E2.3.5, Chichester, UK, Editorial John Wiley & Sons.	
Observaciones:	
<ul style="list-style-type: none">▪ El muestreo, las condiciones de muestreo hasta su ingreso a los Laboratorios de la Facultad de Industrias Alimentarias -UNALM son de responsabilidad del solicitante.▪ Los resultados son válidos sólo para la cantidad recibida.	
La Molina, 27 de enero del 2020	
 Ing. Patricia Martínez - FIAL - UNALM	