



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE
MAÍZ MORADO (*Zea mays L.*) ACETILADO PARA EL
RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: MILTON GUSTAVO PAREDES VELASCO

DIRECTORA: Ing. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Paredes Velasco Milton Gustavo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Milton Gustavo Paredes Velasco, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 19 de diciembre del 2022

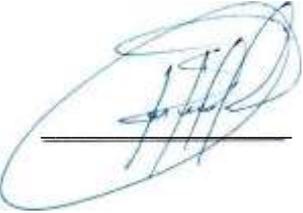
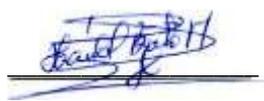


Milton Gustavo Paredes Velasco

180461623-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERIA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto de Investigación, **OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ MORADO (*Zea mays L.*) ACETILADO PARA EL RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Cesar Arturo Puente Guijarro, PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		19-12-2020
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos, MsC. DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN		19-12-2020
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina, PhD. ASESOR DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN		19-12-2020

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado en primer lugar a Dios por ser mi fortaleza, mi paz y mi guía para alcanzar mi tan anhelado sueño, por regalarme tantos triunfos y enseñanzas de vida, a mi mamá Noemi por ser el pilar fundamental en mi camino, por guiarme en mis peores momentos y por apoyarme en este sueño, a mi papá Milton por brindarme esas palabras de aliento y paz cuando más lo necesitaba, por brindarme tantas enseñanzas de vida, a mi hermano Geovanny por estar presente en todo este camino recorrido y por ser un amigo incondicional y a todas las personas que estuvieron a mi lado en esta etapa de mi vida, desde el fondo de mi alma un gracias a todos.

Gustavo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser la luz en mi camino para alcanzar este triunfo, a mis padres por apoyarme económicamente a lo largo de mi carrera, por sus consejos, por sus enseñanzas y su motivación constante para culminar mis estudios, un gracias desde el fondo de mi corazón.

A mis hermanos por darme esas palabras de aliento para seguir en mis estudios, por no dejarme vencer y poder alcanzar mi objetivo, gracias.

A mis docentes Linda Flores y Hannibal Brito por brindarme su tiempo y apoyarme desde el comienzo para culminar esta investigación y todos los docentes que fueron parte fundamental en mi proceso de enseñanza y por ayudarme alcanzar mi título profesional, a la Escuela de Ingeniería Química por ayudarme a crecer en el campo personal y profesional, muy agradecido con todos.

Gustavo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	2
1.1 Antecedentes de la investigación.....	2
1.2 Marco teórico.....	3
1.2.1 Maíz morado (<i>Zea mays L.</i>).....	3
1.2.2.1 Taxonomía	3
1.2.3.2 Composición química	4
1.2.4 Almidón	4
1.2.4.1 Amilosa	5
1.2.4.2 Amilopectina	5
1.2.5 Propiedades del Almidón	6
1.2.5.1 Solubilidad.....	6
1.2.5.2 Poder de hinchamiento	6
1.2.5.3 Capacidad de retención de agua	6
1.2.5.4 Gelatinización.....	7
1.2.5.5 Viscosidad.....	7
1.2.5.6 pH	7
1.2.6 Modificación Química	7
1.2.6.1 Acetilación	7
1.2.7 Bioplásticos	9
1.2.7.1 Basados en almidón.....	9
1.2.7.2 Basados en celulosa.....	9
1.2.7.3 Biodegradables	9
1.2.7.4 Bioplásticos naturales	10
1.2.8 Plastificantes	10

1.2.8.1	<i>Glicerina</i>	10
1.2.8.2	<i>Gelatina</i>	10
1.2.8.3	<i>Agar-Agar</i>	11
1.2.8.4	<i>Sorbitol</i>	11

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	12
2.1	Objetivos	12
2.1.1	<i>General</i>	12
2.1.2	<i>Específico</i>	12
2.2	Hipótesis y especificaciones de variables	12
2.2.1	<i>General</i>	12
2.2.2	<i>Específicas</i>	12
2.2.3	<i>Identificación de variables</i>	13
2.2.4	<i>Operacionalización de variables</i>	14
2.2.5	<i>Matriz de consistencia</i>	15
2.3	Tipo y diseño de investigación	16
2.3.1	<i>Tipo de investigación</i>	16
2.3.2	<i>Diseño experimental de la investigación</i>	16
2.3.2.1	<i>Diseño factorial 2^k para almidón</i>	16
2.3.2.2	<i>Almidón de maíz morado (<i>Zea mays</i> L.) Acetilado</i>	17
2.3.2.3	<i>Diseño factorial $2k$ para obtención de la biopelícula</i>	18
2.3.3	<i>Equipos, materiales y reactivos a utilizar</i>	18
2.4	Unidad de Análisis	19
2.5	Población de Estudio	19
2.6	Tamaño de Muestra	19
2.7	Selección de la Muestra	19
2.8	Técnicas de Recolección de Datos	19
2.8.1	<i>Almidón</i>	19
2.8.1.1	<i>Obtención de Almidón</i>	20
2.8.1.2	<i>Ceniza</i>	20
2.8.1.3	<i>Humedad</i>	20
2.8.1.4	<i>Fibra</i>	21
2.8.1.5	<i>Proteína</i>	21
2.8.1.6	<i>Viscosidad De Brookfield</i>	21
2.8.1.7	<i>Temperatura de gelatinización</i>	21

2.8.1.8	<i>Poder de hinchamiento, índice de solubilidad y absorción de agua</i>	22
2.8.1.9	<i>pH</i>	23
2.8.1.10	<i>Amilosa y amilopectina</i>	23
2.8.2	Acetilación	23
2.8.2.1	<i>Acetilación - Almidón de maíz morado (Zea mays L.)</i>	23
2.8.2.2	<i>Grado de sustitución</i>	23
2.8.3	Biopelícula	24
2.8.3.1	<i>Formulación de la Biopelícula</i>	24
2.8.3.2	<i>Caracterización de la Biopelícula</i>	25
2.8.3.3	<i>Pruebas mecánicas</i>	27

CAPITULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	28
3.1	Datos y discusión de resultados de maíz morado	28
3.1.1	<i>Análisis sensorial y cualitativo de maíz morado</i>	28
3.1.1.1	<i>Discusión del análisis de varianza ANOVA</i>	31
3.2	Caracterización Físico - Químico de la materia prima de Maíz Morado	32
3.3	Caracterización de almidón nativo y modificado de Maíz Morado	32
3.3.1	<i>Humedad</i>	32
3.3.2	<i>Cenizas</i>	33
3.3.3	<i>pH</i>	33
3.3.4	<i>Poder de hinchamiento, índice de solubilidad y absorción de agua</i>	34
3.3.5	<i>Viscosidad</i>	34
3.3.6	<i>Temperatura de Gelatinización</i>	35
3.3.7	<i>Amilosa y amilopectina</i>	35
3.3.8	<i>Microbiológico</i>	36
3.4	Modificación del almidón por Acetilación	36
3.4.1	<i>Acetilación</i>	36
3.4.2	<i>Verificación de acetilación</i>	37
3.4.2.1	<i>Grado de sustitución</i>	37
3.5	Obtención de la biopelícula	38
3.5.1	<i>Formulación de la biopelícula</i>	38
3.5.2	<i>Resultados del tratamiento del diseño experimental del bioplástico 2²</i>	39
3.5.3	<i>Análisis sensorial de la biopelícula</i>	40
3.5.4	<i>Análisis de espesor</i>	41
3.6	Análisis físico-químico y mecánico de la biopelícula	41

3.6.1	<i>Humedad de la Biopelícula</i>	41
3.6.2	<i>Solubilidad de la Biopelícula</i>	42
3.6.3	<i>Permeabilidad</i>	43
3.6.4	<i>Ensayos Mecánicos</i>	44
3.6.5	<i>Degradabilidad</i>	45
3.6.5.1	<i>Degradabilidad en medio aerobio</i>	45
3.6.5.2	<i>Degradabilidad en agua</i>	47
3.6.5.3	<i>Degradabilidad en tierra</i>	49
3.6.6	<i>Aplicación de la Biopelícula en el producto</i>	49
3.7	Prueba de hipótesis	50
3.7.1	<i>Al extraer el almidón de maíz morado (Zea mays L.) acetilado se garantiza realizar un plástico biodegradable altamente semejantes a los plásticos convencionales, el cual permitirá ser aplicado en el recubrimiento de alimentos.</i>	50
3.7.2	<i>Se consigue extraer el almidón de maíz morado (Zea mays L.) mediante el método húmedo</i>	50
3.7.3	<i>Mediante la acetilación se obtiene un almidón modificado con un alto poder de hinchamiento, mejor solubilidad en agua y una baja temperatura de gelificación, aspectos necesarios para una biopelícula degradable.</i>	51
3.7.4	<i>Los resultados del análisis proximal del almidón acetilado extraído de maíz morado (Zea mays L.) participara directamente en la calidad en la biopelícula obtenida</i>	51
3.7.5	<i>A partir de formulaciones con porcentajes de almidón extraído de maíz morado (Zea mays L.) acetilado y ciertos aditivos se podrá obtener biopelículas.</i>	51
	CONCLUSIONES	52
	RECOMENDACIONES	53
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Taxonomía del maíz morado	3
Tabla 2-1:	Contenido de almidón y proteína en variedades de maíz	4
Tabla 3-2:	Identificación de variables.....	13
Tabla 4-2:	Variables que intervienen en la extracción del almidón, acetilación, biopelícula.	14
Tabla 5-2:	Matriz de consistencia	15
Tabla 6-2:	Extracción del almidón de maíz morado (<i>Zea mays L.</i>) en base al diseño 2K.....	17
Tabla 7-2:	Equipos, materiales y reactivos a utilizar	18
Tabla 8-2:	Formulación para la Biopelícula.....	25
Tabla 9-3:	Análisis organoléptico de muestra de Maíz morado.....	28
Tabla 10-3:	Datos y análisis cualitativos de Maíz morado	28
Tabla 11-3:	Extracción de almidón de maíz morado por el método - Vía Húmeda	29
Tabla 12-3:	Rendimiento de almidón de Maíz Morado para análisis ANOVA.....	30
Tabla 13-3:	Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo.....	30
Tabla 14-3:	Análisis de varianza de rendimientos de almidón de Maíz Morado.....	30
Tabla 15-3:	Comparación de tratamientos mediante prueba TUKEY	31
Tabla 16-3:	Caracterización Físico – Química de materia prima.....	32
Tabla 17-3:	Resultados de solubilidad en agua.....	34
Tabla 18-3:	Contenido de Amilosa y Amilopectina de almidón.....	35
Tabla 19-3:	Condiciones para la Acetilación	36
Tabla 20-3:	Porcentaje de acetilo y Grado de Sustitución (GS) ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 21-3:	Datos de la formulación de biopelícula	38
Tabla 22-3:	Dimensionamiento de los cuatro tratamientos.....	39
Tabla 23-3:	Análisis ANOVA de la formulación de la biopelícula	40
Tabla 24-3:	Análisis Sensorial	40
Tabla 25-3:	Datos de Humedad de la Biopelícula	41
Tabla 26-3:	Datos de Solubilidad de la Biopelícula.....	42
Tabla 27-3:	Datos de Permeabilidad de la Biopelícula	43
Tabla 28-3:	Resultados de Permeabilidad de la Biopelícula.....	44
Tabla 29-3:	Resultados de Ensayos Mecánicos de la Biopelícula	44
Tabla 30-3:	Resultados de degradabilidad en medio aerobio	45
Tabla 31-3:	Apariencia de degradabilidad en medio aerobio	45
Tabla 32-3:	Resultados de degradabilidad en medio acuoso	47
Tabla 33-3:	Apariencia de degradabilidad en medio acuoso	48
Tabla 34-3:	Resultados de degradabilidad en tierra.....	49

Tabla 35-3: Apariencia de degradabilidad en tierra.....	49
Tabla 36-3: Análisis sensorial de la fruta recubierta.....	50

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: Amilosa, restos de D-glucosa están ligados por enlaces α (1 \rightarrow 4).....	5
Ilustración 2-1: Amilopectina, estructura detallada de un punto de ramificación.....	6
Ilustración 3-1: Reacción química durante la acetilación.....	8
Ilustración 4-2: Extracción de Almidón Acetilado.....	17
Ilustración 5-2: Obtención de biopelícula	18
Ilustración 6-3: Resultados de Análisis de Espesor de la Biopelícula.....	41
Ilustración 7-3: Degradabilidad en medio aerobio	46
Ilustración 8-3: Degradabilidad en medio acuoso	48
Ilustración 9-3: Degradabilidad en tierra.....	49

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2:	Diseño factorial.....	16
Ecuación 2-2:	Determinación de ceniza.....	20
Ecuación 3-2:	Determinación de humedad	21
Ecuación 4-2:	Determinación de Índice de Absorción de Agua	22
Ecuación 5-2:	Determinación de Índice de Solubilidad en el Agua	22
Ecuación 6-2:	Determinación de Poder de Hinchamiento	22
Ecuación 7-2:	Porcentaje de Grupos acetilo	24
Ecuación 8-2:	Determinación de Grado de Sustitución	24
Ecuación 9-2:	Solubilidad de la Biopelícula.....	25
Ecuación 10-2:	Velocidad de transmisión de vapor de agua	26
Ecuación 11-2:	Permeabilidad al vapor de agua	26
Ecuación 12-2:	Degradabilidad de la Biopelícula.....	27

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PESADO DE MATERIA PRIMA Y EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN NATIVO.
- ANEXO B:** OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO.
- ANEXO C:** ALMIDÓN ACETILADO DE MAÍZ MORADO (*ZEAMAYS*).
- ANEXO D:** PRUEBAS DE CENIZA DE ALMIDÓN NATIVO Y ACETILADO.
- ANEXO E:** PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS DE ALMIDÓN NATIVO Y ACETILADO.
- ANEXO F:** ANÁLISIS PROXIMAL DE ALMIDÓN ACETILADO.
- ANEXO G:** GRADO DE SUSTITUCIÓN.
- ANEXO H:** FORMULACIÓN DE LA BIOPELÍCULA.
- ANEXO I:** CARACTERIZACIÓN DE LA BIOPELÍCULA.
- ANEXO J:** PRUEBAS MECÁNICAS DE LA BIOPELÍCULA.
- ANEXO K:** APLICACIÓN DE LA BIOPELÍCULA MODIFICADA.
- ANEXO L:** CONTENIDO DE AMILOSA INIAP.
- ANEXO M:** ANÁLISIS DE FIBRA Y PROTEÍNA DE MATERIA PRIMA
- ANEXO N:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE MATERIA PRIMA
- ANEXO O:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE ALMIDÓN NATIVO
- ANEXO P:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE ALMIDÓN ACETILADO

RESUMEN

Esta investigación tuvo como propósito en crear láminas de biopelículas a partir de almidón acetilado de maíz morado (*Zea mays L.*) para uso de recubrimiento de alimentos. Esta investigación constó de cuatro etapas, la primera etapa consistió en la recepción de materia prima y extracción de almidón nativo por vía húmeda, se realizó un diseño factorial 2K para determinar el mejor tratamiento para la extracción de almidón nativo, seguido de un análisis ANOVA para verificar si hubo diferencias significativas en cada uno de sus tratamientos y análisis Físico-Químicos con una relación de 26.09/73.91 de amilosa/amilopeptina. La segunda etapa se basó en la obtención de almidón acetilado, el cual, se utilizó hidróxido de sodio al 40%, ácido clorhídrico y anhídrido acético con una duración de reacción de treinta minutos, seguido de un análisis del almidón modificado, resaltando el índice de solubilidad de 3.35% y un poder de hinchamiento de 2.13%. La tercera etapa consistió en la verificación de acetilación, el cual se obtuvo un valor 7.45% de grupos acetilos y grado de sustitución de 0.3, valores que favoreció a la obtención del almidón acetilado. En la cuarta etapa consistió en la elaboración de la biopelícula, creando cuatro tratamientos para su estudio, el tratamiento 1 fue el más apto, con un espesor de 0.10 mm con un bajo intercambio de PVA de 0.003 g/h.m³.MPa, una carga máxima de ruptura de 4.91 N y una elongación de 363.63% , los ensayos de biodegradabilidad se llevó a cabo en agua, tierra y aire, escogiendo el medio más adecuado para su rápida degradabilidad. A partir de los datos obtenidos se estableció que la biopelícula es idónea para el recubrimiento de alimentos, y recomendando realizar un análisis más profundo de experimentación con otros aditivos que se permita mejorar la calidad de la biopelícula.

Palabras clave: <ALMIDÓN ACETILADO>, <DISEÑO FACTORIAL>, <FORMULACIÓN>, <ELONGACIÓN>, <RECUBRIMIENTO>, <BIODEGRADABILIDAD>.

0130-DBRA-UPT-2023

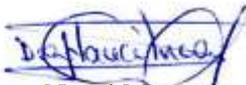


SUMMARY

The purpose of this research was to create biofilm sheets from acetylated starch from purple corn (*Zea mays L.*) for use as a food coating. This research consisted of four stages, the first stage consisted of the reception of raw material and wet extraction of native starch, a 2K factorial design was carried out to determine the best treatment for the extraction of native starch, followed by an ANOVA analysis to verify if there were significant differences in each of the treatments and physical-chemical analysis with a ratio of 26.09/73.91 amylose/amylopectin. The second stage was based on obtaining acetylated starch, which used 40% sodium hydroxide, hydrochloric acid and acetic anhydride with a reaction duration of thirty minutes, followed by an analysis of the modified starch, highlighting the solubility index of 3.35% and a swelling power of 2.13%. The third stage consisted in the verification of acetylation, which obtained a value of 7.45% of acetyl groups and a degree of substitution of 0.3, values that favored the obtaining of acetylated starch. In the fourth stage consisted in the elaboration of the biofilm, creating four treatments for its study, treatment 1 was the most suitable, with a thickness of 0.10 mm with a low PVA exchange of 0.003 g/h.m³.MPa, a maximum breaking load of 4.91 N and an elongation of 363.63%, the biodegradability tests were carried out in water, soil and air, choosing the most suitable medium for its rapid degradability. From the data obtained, it was established that the biofilm is suitable for food coating, and it was recommended to carry out a deeper analysis of experimentation with other additives to improve the quality of the biofilm.

Keywords: <ACETYLATED STARCH>, <FACTORIAL DESIGN>, <FORMULATION>, <ELONGATION>, <RECOVERING>, <BIODEGRADABILITY>.

0130-DBRA-UPT-2023



Dra. Nanci Margarita Inca Chunata Mgs.

0602926719

INTRODUCCIÓN

La contaminación por los plásticos está ocasionando deterioros irreparables al planeta, lejano a reducir, este problema se agrava a medida que pasa el tiempo cuyos desperdicios terminan en ríos y mares generando un alto índice de contaminación a nivel mundial.

En la actualidad se utilizan millones de plásticos por minuto en casi todas las industrias a nivel mundial, esta situación requiere la creación de nuevas alternativas. Por ello la presente investigación tiene como objetivo la obtención de biopelículas a partir de almidón de maíz morado (*Zea mays L.*) acetilado para el recubrimiento de alimentos, con similares características de los plásticos tradicionales.

En la actualidad el almidón de diversas especies es utilizada en la industria alimenticia, química y farmacéutica debido a sus propiedades fisicoquímicas, su funcionalidad depende del peso molecular promedio de la amilosa y la amilopectina. Los almidones nativos son utilizados porque normalizan y estabilizan la textura de los alimentos, por sus propiedades espesantes y gelificantes; la estructura nativa del almidón puede ser menos eficiente debido a que las condiciones del proceso reducen su uso en otras aplicaciones industriales, por la baja resistencia al corte, descomposición térmica y alto nivel de retrogradación (Bello et al., 2002, p. 169).

Los almidones modificados presentan diversas características a comparación con los almidones nativos, su temperatura de gelatinización disminuye en un 6-10 °C, incrementan la claridad y estabilidad de los geles y reduce la retrogradación (Guerra, 2007, p. 14).

La acetilación de almidón es un proceso ampliamente utilizado en almidones que imparten la necesidad de espesamiento en la aplicación alimentaria. La acetilación consiste, en que los grupos hidroxilo de las cadenas de amilosa y amilopectina se reemplacen por grupos acetilo alterando su cristalinidad, temperatura de gelatinización y aumentar la hidrofobicidad. Mejorando sus propiedades mecánicas de la base de almidón nativo. Por lo tanto, puede ser utilizado como un material portador de liberación controlada.

Esta realidad demanda a la creación de sociedades con un consumo comprometido, conducentes a cambiar la ideología de vida de uso y desecho, empleando diseños e innovaciones de nuevos productos como son los plásticos biodegradables que indemnicen las necesidades de los consumidores y a la vez disminuir la contaminación ambiental.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes de la investigación

Los plásticos son muy utilizados a nivel industrial y poblacional, pero son macromoléculas con buena estabilidad estructural y muestran resistencia a las agresiones del medio ambiente, en consecuencia, tardan mucho tiempo en degradarse y como resultado generan grandes cantidades de residuos. Durante el transcurso del tiempo se han enfocado en el estudio de estos materiales plásticos y se ha venido desarrollando polímeros biodegradables provenientes de fuentes renovables, en comparación con otros polímeros sintéticos estos materiales no son dependientes del petróleo, así de esta manera se posee como una buena alternativa de generar polímeros amigables con el medio ambiente.

La transformación del almidón en biopelículas, si bien se trata de una técnica útil a escala de laboratorio, el método implica la gelatinización de suspensiones acuosas del almidón y la deshidratación en condiciones controladas. Además, las industrias requieren un alto nivel de producción de películas biodegradables para sustituir al plástico convencional.

Como expresa Govindaraju et al., (2022, p. 13) el almidón es uno de los carbohidratos más abundantes que se encuentran en cereales, raíces, legumbres y frutas ubicados en amiloplastos de plantas, la versatilidad y diversidad han producido al almidón como una herramienta en la producción de alimentos y materiales poliméricos, cada almidón nativo tiene sus características propias en función a su origen botánico. La modificación del almidón es una forma de alterar sus propiedades del almidón nativo para así mejorar su capacidad para diversas aplicaciones o satisfacer las necesidades de sus usos.

En la modificación química se encuentra la acetilación que consiste en una reacción de esterificación adicionando anhídrido acético o vinil acetato en un medio alcalino originando acetato de almidón. Las particularidades de estos almidones son: baja temperatura de gelatinización, baja retrogradación, baja tendencia a formar geles y una pasta clara (Becerril et al., 2015, p. 907).

Sus propiedades mecánicas tales como; flexión, tracción, compresión son de suma importancia al momento de obtener la biopelícula, debido a que estas van a definir la calidad de la formulación (Porrás et al., 2014, p. 42). Por sus propiedades mecánicas la utilización de materiales biodegradables

para la elaboración de bioplásticos, presentan una alternativa de solución sostenible y amigable con el medio ambiente reduciendo la contaminación por plásticos convencionales.

1.2 Marco teórico

1.2.1 Maíz morado (*Zea mays L.*)

El maíz morado (*Zea mays L.*) es una variedad genética de maíz originaria de los Andes, la mazorca del maíz morado se compone de 85% de grano y 15% mazorca, los compuestos bioactivos presentes en el maíz morado, como las antocianinas, los ácidos fenólicos y/o los flavonoides, se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal (Cristianini et al., 2020, p. 862).

Es una importante fuente de antocianinas, pigmentos naturales con características peculiares en cuanto a la coloración de los alimentos, las antocianinas ya caracterizadas en mazorcas y semillas de maíz morado incluyen cianidina-3-glucósido, pelargonidina-3-glucósido, peonidina-3-glucósido y sus respectivas contrapartes (Pedreschi et al., 2007, p. 957). La coloración de la planta varía de verde a morado, lo que es invariable es la lígula de las hojas y de las anteras portando siempre color morado.

1.2.1.1 Taxonomía

La ubicación taxonómica del maíz en general se describe en la siguiente tabla:

Tabla 1-1: Taxonomía del maíz morado

TAXONOMÍA	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Tribu	Andropogoneae
Especie	<i>Zea</i>
Nombre científico	<i>Zea mays</i>
Nombre común	Maíz Morado

Fuente: Yanangómez, (2018, p. 13)

Realizado por: Paredes, Milton 2022.

1.2.1.2 Composición química

El maíz morado presenta un contenido en proteínas del 7.7% a 13%, lípidos en un 3.3% y carbohidratos, principalmente almidón, en un 61.7%. Además, contiene minerales como fósforo, hierro, vitamina A, vitamina B1, vitamina B2, vitamina B3, ácido ascórbico y antocianinas (EcuRed, 2017, p. 5).

La antocianina es un pigmento natural que da la coloración típica a este maíz, siendo además la responsable de la pigmentación rojiza, azulada o violeta de la mayoría de las frutas y flores. Este pigmento actúa como un poderoso antioxidante natural y anticancerígeno, teniendo además propiedades funcionales debido a este compuesto bioactivo (Urquiza et al., 2019, p. 47).

Existe la presencia de cianidina 3 - glucósido en el grano del maíz morado, como la principal antocianina (flavonoide), la cianidina 3-glucósido, una importante antocianina presente en el maíz morado suprime el 7,12-dimethylbenzo antraceno, el cual induce a la carcinogénesis mamaria, lo que indica que el color de maíz morado puede ser un agente quimioterapéutico prometedor (Fukamachi et al., 2008, p. 1841).

1.2.2 Almidón

Es el carbohidrato puro más fácilmente disponible y abundante. El almidón es un macronutriente en varios alimentos y proporciona del 50 al 80% de las calorías consumidas por la mayoría de la población mundial. El almidón se sintetiza en el plástido de las células vegetales a través de una serie de vías biosintéticas complejas controladas por varias enzimas (Tetlow, 2004, p. 406).

Son colocados como gránulos semicristalinos insolubles en agua en los tejidos de almacenamiento de plantas como granos, raíces y tubérculos. Cada gránulo de almidón se compone de dos fracciones de homopolisacáridos (amilosa y amilopectina), que constituyen el 98-99 % del peso seco del gránulo (Wang et al., 2015, p. 1082). La fracción de amilosa constituye del 20 al 30 % del gránulo de almidón, mientras que la fracción de amilopectina constituye del 70 al 80 %. Los gránulos de almidón también contienen pequeñas cantidades (0.5 a 2 % p/p) de polisacáridos, lípidos, proteínas y cenizas que no son de almidón (Calvin, 2016, p. 345).

Tabla 2-1: Contenido de almidón y proteína en variedades de maíz

Raza	%Almidón	%Proteína
lanco Blandito (INIAP-102)	73.10	8.30
Chaucho (INIAP-122)	74.63	9.14
Guagal	72.10	8.12

Chulpi (INIAP-192)	64.27	10.23
Canguil (INIAP-198)	62.88	10.72
Morado o racimo de uva	71.30	9.91
Morochón	73.57	8.84
Patillo	66.20	10.11

Fuente: López, (2016, p. 13)

Realizado por: Paredes, Milton 2022.

1.2.2.1 *Amilosa*

Polímero esencialmente lineal compuesto enteramente por enlaces α -1-4 D-glucopiranososa, se presentan algunas ramificaciones en este polímero (Bello et al., 2020, p. 510). La amilosa está representada como una estructura de cadenas rectas, usualmente existe en forma de hélice, lo cual le permite formar complejos con ácidos grasos libres, mono y di-glicéridos, alcoholes lineales y yodo (CAO et al., 2015, p. 644).

La masa molar de la amilosa está en el intervalo de 10^5 a 10^6 g/mol. Posee un promedio de 500 a 6000 unidades de D-glucosa, repartidas en un número de cadenas que van de 1 a 20 (Soto et al., 2011, p. 154).

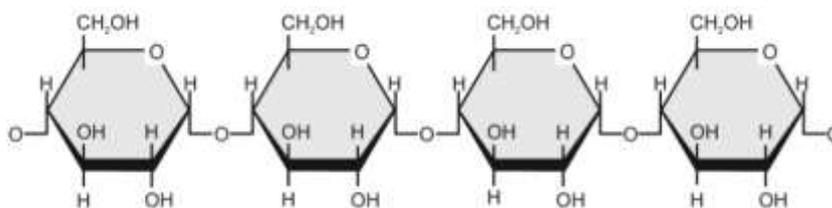


Ilustración 1-1. Amilosa, restos de D-glucosa están ligados por enlaces α (1 \rightarrow 4)

Fuente: (Melo et al., 2019, p. 65)

1.2.2.2 *Amilopectina*

Polisacárido ramificado, estas ramificaciones se dan con unidades de maltosa (glucosa-glucosa con puentes en α (1 \rightarrow 4)), unidas a través de puentes isomaltosa. En esta molécula existen cadenas cortas (de aproximadamente 30 unidades) de glucosa las cuales se encuentran unidas por enlaces α (1 \rightarrow 4) se unen también entre sí por enlaces α (1 \rightarrow 6) (de las que puede obtenerse la isomaltosa) (Boischot et al., 2003, p. 58).

La amilopectina presenta una masa molar 1000 veces mayor, entre 10^7 y 10^9 g/mol y está ramificada cada 20-25 unidades de α -D-glucosa (Soto et al., 2011, p. 155). La amilopectina es atacada por la α -amilasa y la β -amilasa, pero los enlaces glucosídicos α (1 \rightarrow 4) próximos al punto de

ramificación de la amilopectina y el mismo enlace $\alpha(1 \rightarrow 6)$ no son hidrolizados por ellas (Melo et al., 2019, p. 65).

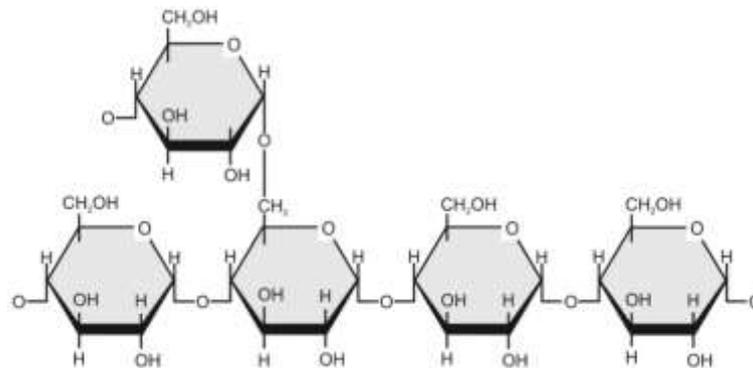


Ilustración 2-1. Amilopectina, estructura detallada de un punto de ramificación

Fuente: (Melo et al., 2019, p. 66)

1.2.3 *Propiedades del Almidón*

Son propiedades fisicoquímicas de los polímeros que afectan y modifican algunas propiedades de un alimento y ayudan a la alta calidad final del producto, estos difieren de acuerdo con su correlación Amilosa y Amilopectina.

1.2.3.1 *Solubilidad*

El almidón de acuerdo a su porcentaje de amilosa y amilopectina tiene cierta capacidad de diluirse en agua cuando está por encima de la temperatura de gelatinización (Amani et al., 2005, p. 96).

1.2.3.2 *Poder de hinchamiento*

Propiedad irreversible de los gránulos de almidón, estos absorben agua debido al incremento de la temperatura de gelatinización (Rincón et al., 2007, p. 289).

1.2.3.3 *Capacidad de retención de agua*

Cantidad total de agua retenida por un gel de almidón bajo estado definido, este comportamiento puede ser atribuido a la relación amilosa/amilopectina, las moléculas de agua quedan atrapadas en la estructura de la amilopectina, así como también a la diferencia en la distribución de la longitud de la cadena (Granados et al., 2014, p. 92).

1.2.3.4 *Gelatinización*

Proceso mediante el cual los gránulos de almidón son mezclados con agua fría absorben y se hinchan entre un 10 - 20%, cuando a esta composición se le aplica temperatura se forma una pasta (gelatinización). Este proceso es irreversible ya que los gránulos se reorganizan estructuralmente al entrar en contacto con agua caliente (Hernández et al., 2008, p. 720).

1.2.3.5 *Viscosidad*

Resistencia de las moléculas de un fluido a deformarse, debido a las fuerzas de adherencia que tiene un fluido, pertenece a los fluidos en movimiento la cual se ve reflejada en líquidos estáticos donde sus moléculas están en estado estacionario (Granados et al., 2014, p 92).

1.2.3.6 *pH*

Propiedad importante para los procesos de caracterizado del almidón, esta propiedad le da una predisposición de ceder o aceptar hidrogeniones, los pH generalmente desviados de la media (pH: 7 - 7.5), son los más usados para procesos de modificación (Matignon et al., 2017, p. 45).

1.2.4 *Modificación Química*

La modificación química implica la introducción de múltiples grupos funcionales en la estructura del almidón, como carboxilo, acetilo e hidroxipropilo. La modificación química se puede clasificar como reticulación, injerto, oxidación, esterificación, etc (Chen et al., 2015, p. 3). Las modificaciones por lo general alteran las propiedades de gelatinización y pegajosidad del almidón, dando como resultado un derivado de almidón más estabilizado en el que se bloquean las asociaciones entre la amilosa y la amilopectina (Chen et al., 2015, p. 3).

El grado de sustitución está relacionado con la modificación química e indica el promedio del número de sustituciones por unidad de anhidroglucosa en el almidón. El máximo grado de sustitución (DS) es 3 debido a que se presentan tres grupos hidroxilo disponibles por unidad de anhidroglucosa (Miladinov et al., 2000, p. 54).

1.2.4.1 *Acetilación*

El almidón acetilado es un éster de almidón que ha sido ampliamente estudiado en las últimas dos décadas. En el almidón modificado, parte de los grupos hidroxilo de las unidades de

anhidroglucosa se han convertido en grupos acetilo. Se ha aplicado un bajo grado de sustitución (GS) con 0.01–0.2 de almidón acetilado en muchas áreas, como la formación de películas, la unión, la adhesión, el espesamiento, la estabilización y la texturización (Chi et al., 2008, p. 924).

Modificación química mediante esterificación donde los grupos hidroxilos (-OH), son reemplazados por grupos acetilos (CH₃-C=O), en los que se incorporan en la molécula dependiendo de la fuente del almidón, concentración del reactivo, tiempo de reacción, pH y catalizador, le brindan mayor estabilidad al almidón al variar sus propiedades fisicoquímicas y funcionales (Arenas et al., 2017, p. 16).

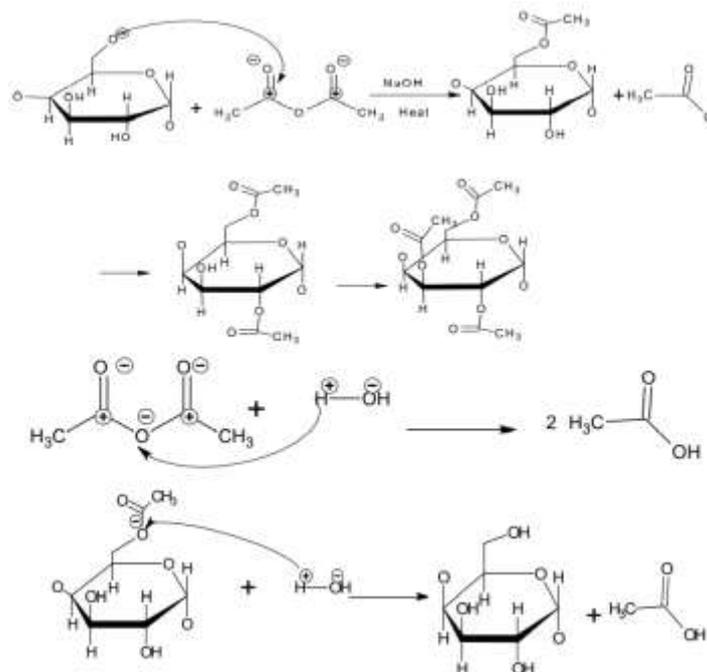


Ilustración 3-1. Reacción química durante la acetilación

Fuente: (Prieto et al., 2010, p. 33)

El almidón se trata con anhídrido acético en presencia de hidróxido de sodio (NaOH) como catalizador, y la modificación se lleva a cabo sustituyendo los -OH de las posiciones C2, C3 Y C6, donde el carbono 6 es el más reactivo y la acetilación se realiza más fácilmente que en los carbonos 2 y 3 (GEISSMAN, 1973, p. 155).

Esta metodología se puede lograr niveles de sustitución en todo el rango de GS sin la necesidad de controlar el pH durante la reacción. Mark et al., (1972, p. 74) produjeron almidones con valores de GS entre 2.5 y 3 utilizando 76 mL de anhídrido acético como reactivo y medio, y 4.4 g de solución acuosa de NaOH 50% como catalizador (22 % respecto del almidón) por lapsos de entre 2 y 5 h a 123 °C. Recientemente, Guerra et al., (2008, p. 285) esterificaron almidón de maíz y de plátano con

anhídrido acético (120 mL) y NaOH 50% como catalizador (11 % respecto del almidón) a 120 °C. Ellos estudiaron el progreso de la reacción de acetilación a diferentes tiempos (0.5 – 6 h), analizando un efecto significativo de la fuente de almidón sobre el GS (almidón de maíz GS entre 0.9 y 2.8, almidón de plátano GS entre 0.1 y 2.6).

1.2.5 *Bioplásticos*

El bioplástico es un compuesto de alto peso molecular provenientes de orígenes naturales y fuentes renovables, se elaboran a partir de cultivos de poliésteres microbianos, de almidón o celulosa (Chariguamán, 2015, p. 1). Los plásticos son diferentes polímeros con un elevado peso molecular, que no pueden degradarse rápidamente en el medio que se encuentran. Sin embargo, considerando su abundancia en el medio ambiente y su especificidad para atacar plásticos, la biodegradación de plásticos por microorganismos y enzimas parece ser el proceso más efectivo (Tokiwa et al., 2009, p. 3724).

Los bioplásticos se clasifican en:

1.2.5.1 *Basados en almidón*

El almidón es una fuente de origen vegetal y se puede obtener a partir de frutas, maíz, papa, yuca, banano, frejol, etc., el principal uso de este bioplástico es para el embalaje de alimentos. Este material tiene ciertas limitaciones como; baja resistencia a la humedad, ruptura inmediata, baja elongación y flexibilidad debido a su alto contenido de viscosidad, debido a esto, y con la finalidad de minimizar estas limitaciones, se ha optado por obtener almidones modificados químicamente (acetilados, oxidados, esterificados, etc.) (Vargas et al., 2021, p. 13).

1.2.5.2 *Basados en celulosa*

La celulosa es el componente principal de las paredes celulares de las plantas, es un polímero fibroso, resistente e insoluble en agua (Deconinck et al., 2013, p. 14). El principal bioplástico es el celofán que se obtiene a partir de celulosa regenerada, obteniendo estabilidad a altas temperaturas, alta resistencia, biodegradabilidad en agua y tierra (Vargas et al., 2021, p. 13).

1.2.5.3 *Biodegradables*

Los plásticos biodegradables (BDP) se refieren a materiales poliméricos que son capaces de sufrir descomposición en dióxido de carbono, metano, agua, compuestos inorgánicos o biomasa en los

que el mecanismo predominante es la acción enzimática de microorganismos, que pueden medirse mediante métodos estandarizados, en un período de tiempo específico, que reflejen las condiciones de eliminación disponibles (Song et al., 2009, p. 2128). Para la modificación química a través del acetato de celulosa no es recomendable, ya que, no cumple con los requerimientos necesarios para que pueda ser un bioplástico biodegradable.

1.2.5.4 *Bioplásticos naturales*

Se ha utilizado una amplia gama de polímeros naturales de fuentes renovables en el desarrollo de envases de alimentos de base biológica. Las principales fuentes naturales para este propósito se derivan de polisacáridos, proteínas, lípidos o mezclas de estas macromoléculas, pudiendo modificarse químicamente para mejorar sus propiedades bioplásticas (Teixeira et al., 2021, p. 36).

1.2.6 *Plastificantes*

Son aditivos, típicamente moléculas orgánicas pequeñas, que reducen la temperatura de transición vítrea del polímero con el que se mezclan, creando productos flexibles o semirrígidos con características de procesamiento mejoradas (Jamarani et al., 2018, p. 834).

Se puede describir algunos tipos de plastificantes:

1.2.6.1 *Glicerina*

La glicerina o glicerol es uno de los plastificantes más utilizados en productos comerciales, entre sus propiedades físicas y químicas se puede mencionar que se trata de un compuesto orgánico viscoso, incoloro, de sabor dulce (Aimaretti et al., 2008, p. 139). El glicerol en la formulación de biopelículas hace que el producto final incremente su permeabilidad al vapor ésta debido a la naturaleza hidrofílica del glicerol el cual fácilmente forma puentes de hidrógeno con las moléculas de agua (Alves et al., 2007, p. 943).

1.2.6.2 *Gelatina*

La gelatina representa una alternativa viable como material formador de películas debido a su abundancia, bajo costo y disponibilidad, su principal fuente la proteína derivada de animales (colágeno). Al ser soluble en agua forma un coloide capaz de formar coágulos y al mismo tiempo brinda resistencia y flexibilidad (Godínez et al., 2016, p. 10).

1.2.6.3 *Agar-Agar*

Se presenta como un carbohidrato estructural de las algas agorofitas, donde puede existir una mezcla de sales de calcio y magnesio, utilizado como gelificante en diferentes campos (Godínez et al., 2016, p. 11).

1.2.6.4 *Sorbitol*

A menudo se utiliza como humectante ofreciendo como protector de pérdida de humedad, dichas propiedades, son utilizadas en la producción de productos de confitería, productos horneados y chocolate, es como plastificante idéntico al glicerol (Godínez et al., 2016, p. 12).

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Objetivos

2.1.1 *General*

Obtener biopelículas a partir de almidón de maíz morado (*Zea mays L.*) acetilado para el recubrimiento de alimentos.

2.1.2 *Específicos*

- Extraer el almidón de maíz morado (*Zea mays L.*) mediante el uso de procesos unitarios a nivel de laboratorio para la obtención de materia prima.
- Acetilar el almidón extraído a partir de maíz morado (*Zea mays L.*).
- Caracterizar el almidón acetilado.
- Formular la biopelícula con el almidón acetilado y validar en el recubrimiento de alimentos.

2.2 Hipótesis y especificaciones de variables

2.2.1 *General*

Al extraer el almidón de maíz morado (*Zea mays L.*) acetilado se garantiza realizar un plástico biodegradable altamente semejantes a los plásticos convencionales, el cual permitirá ser aplicado en el recubrimiento de alimentos.

2.2.2 *Específicas*

H1: Se puede extraer el almidón de maíz morado (*Zea mays L.*) mediante el método húmedo.

H2: Mediante la acetilación del almidón se obtiene un almidón modificado con un alto poder de hinchamiento, mejor solubilidad en agua y una baja temperatura de gelificación, aspectos necesarios para una biopelícula degradable.

H3: Los resultados del análisis proximal del almidón acetilado extraído de maíz morado (*Zea mays L.*) participara directamente en la calidad en la biopelícula obtenida.

H4: A partir de formulaciones con porcentajes de almidón extraído de maíz morado (*Zea mays L.*) acetilado y ciertos aditivos se podrá obtener biopelículas.

2.2.3 Identificación de variables

Tabla 3-2: Identificación de variables

Etapas del proceso	Variables independientes	Variables dependientes
Almidón	<ul style="list-style-type: none"> • Revoluciones por minuto (RPM) • Tiempo de secado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón Nativo de Maíz morado
Almidón acetilado	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración • Tiempo de reacción 	<ul style="list-style-type: none"> • Grado de Sustitución • Porcentaje de grupos acetilos • Espectroscopia Infrarroja (IR)
Formulación de la Biopelícula	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de secado • Agua • Vinagre 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón acetilado (gramos) • Plastificante (glicerina)

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

2.2.4 Operacionalización de variables

Tabla 4-2: Variables que intervienen en la extracción del almidón, acetilación, biopelícula

Variable	Tipo de Variable	Definición operacional	Categorización	Indicadores	Instrumentos de medición	Valor
Almidón Nativo	Dependiente	Cantidad de Almidón extraído mediante el método planteado.	Obtención del almidón	Peso	Balanza analítica	Según el diseño experimental
Tiempo de secado	Independiente	Tiempo necesario para obtener almidón nativo	Almidón nativo	Peso	Balanza analítica	Según el diseño experimental
Revoluciones por minuto (RPM)	Independiente	Dimensión física capaz de medir la velocidad de rotación de las aspas.	Obtención de almidón	Licuada - Perilla	Licuada - Perilla	Baja, alta
Almidón acetilado	Dependiente	Cantidad de muestra, partiendo del almidón nativo.	Obtención de almidón	Cambios químicos	Balanza analítica	Según diseño experimental
Almidón modificado	Dependiente	Cantidad de muestra, partiendo del almidón nativo.	Obtención de almidón	Cambios químicos	Balanza analítica	Según diseño experimental
Tiempo de reacción	Independiente	Tiempo necesario para observar el cambio químico.	Almidón acetilado	Cambios químicos	Potenciómetro	5.00 – 5.50 pH
Grado de sustitución	Dependientes	Indica el promedio del número de sustituciones por unidad de anhidroglucosa en el almidón	Verificación de acetilación	Grupos acetilos	Volumetría	Mililitros
Plastificante	Dependiente	Sustancia añadida (Glicerina) a la biopelícula para adquirir las propiedades requeridas.	Biopelícula	-----	Gramo/litro	Según diseño experimental

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

2.2.5 Matriz de consistencia

Tabla 5-2: Matriz de consistencia

ASPECTOS GENERALES			
Problema general		Objetivo general	Hipótesis General
Los plásticos al ser un derribado del petróleo con largas cadenas de carbono, lo hace un material versátil gracias a su liviandad, tacto agradable y resistencia tanto a la degradación biológica como a la ambiental y también es la principal fuente de contaminación sólida del planeta (basura). Las biopelículas obtenidas a partir del almidón brindan ventajas ambientales y económicas, dicha biopelícula es el objetivo principal del presente trabajo.		Obtener biopelículas a partir de almidón de maíz morado (<i>Zea mays L.</i>) acetilado para el recubrimiento de alimentos.	Al extraer el almidón de maíz morado (<i>Zea mays L.</i>) acetilado se garantiza realizar un plástico biodegradable altamente semejantes a los plásticos convencionales, el cual permitirá ser aplicado en el recubrimiento de alimentos.
ASPECTOS ESPECÍFICOS			
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Técnicas
No hay evidencia acertada de un método comparable para la extracción del almidón de maíz morado (<i>Zea mays L.</i>) acetilado.	Extraer el almidón de maíz morado (<i>Zea mays L.</i>) mediante el uso de procesos unitarios a nivel de laboratorio para la obtención de materia prima.	Se consigue extraer el almidón de maíz morado (<i>Zea mays L.</i>) mediante el método húmedo.	<ul style="list-style-type: none"> • Medición del tiempo de secado. • Método de secado en estufa.
¿Cómo se obtendrá un almidón acetilado?	Acetilar el almidón extraído a partir de maíz morado (<i>Zea mays L.</i>).	Mediante la acetilación se obtiene un almidón modificado con un alto poder de hinchamiento, mejor solubilidad en agua y una baja temperatura de gelificación, aspectos necesarios para una biopelícula degradable.	<ul style="list-style-type: none"> • Método de Wolff
¿Cómo se caracterizará el almidón acetilado?	Caracterizar el almidón acetilado.	Los resultados del análisis proximal del almidón acetilado extraído de maíz morado (<i>Zea mays L.</i>) participara directamente en la calidad en la biopelícula obtenida.	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo del rendimiento del almidón obtenido. • Fuentes bibliográficas
Se desconoce el porcentaje preciso de almidón de maíz morado (<i>Zea mays L.</i>) acetilado para la formulación de una biopelícula de gran calidad.	Formular la biopelícula con el almidón acetilado y validar en el recubrimiento de alimentos.	A partir de formulaciones con porcentajes de almidón extraído de maíz morado (<i>Zea mays L.</i>) acetilado y ciertos aditivos se podrá obtener biopelículas.	<ul style="list-style-type: none"> • Variación de la composición • Temperatura determinada

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

2.3 Tipo y diseño de investigación

2.3.1 Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo experimental, se tiene como objetivo encontrar el método adecuado para obtener almidón acetilado de alta calidad y rendimiento mediante diversas pruebas de laboratorio, el cual permitirá encontrar la formulación adecuada para obtener biopelículas acetiladas. El desarrollo de esta investigación servirá como material bibliográfico y apoyo para investigaciones futuras que abarquen temas relacionados a la extracción de biopelículas acetiladas, aportando a un campo de investigación no tan estudiado para contribuir al campo del reciclaje y la concientización de crear biopelículas degradables para la utilización diaria.

2.3.2 Diseño experimental de la investigación

2.3.2.1 Diseño factorial 2^k para almidón

Este diseño experimental corresponde al modelo estadístico 2^k , lo cual permitirá identificar y cuantificar una variable en dicho estudio experimental, el cual se enuncia de la siguiente manera:

Ecuación 1-2: Diseño factorial

$$DE: 2^k$$

Donde:

DE = Diseño Experimental

2 = Concentraciones, almidón y plastificante.

k = Número de repeticiones

Para extraer el almidón se controlarán las variables de velocidad en RPM contra el tiempo de triturado de la materia prima. Mientras que, para la formulación de la biopelícula se controlará la concentración del almidón vs la concentración del plastificante.

Se muestra de manera general el procedimiento a emplearse para la extracción del almidón de maíz morado (*Zea mays L.*) acetilado, así como para la obtención de la biopelícula:

Tabla 6-2: Extracción del almidón de maíz morado (*Zea mays L.*) en base al diseño 2^k

No.	Tratamiento	Variables	Repetición	Volumen agua (ml)	Peso (g)
					Producto
1	T1	RPM: B t: 80s	R1	500	200
2			R2		
3			R3		
4			R4		
5	T2	RPM: A t: 90s	R1		
6			R2		
7			R3		
8			R4		
9	T3	RPM: B t:80s	R1		
10			R2		
11			R3		
12			R4		
13	T4	RPM: A t: 90s	R1		
14			R2		
15			R3		
16			R4		

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

2.3.2.2 Almidón de maíz morado (*Zea mays L.*) Acetilado

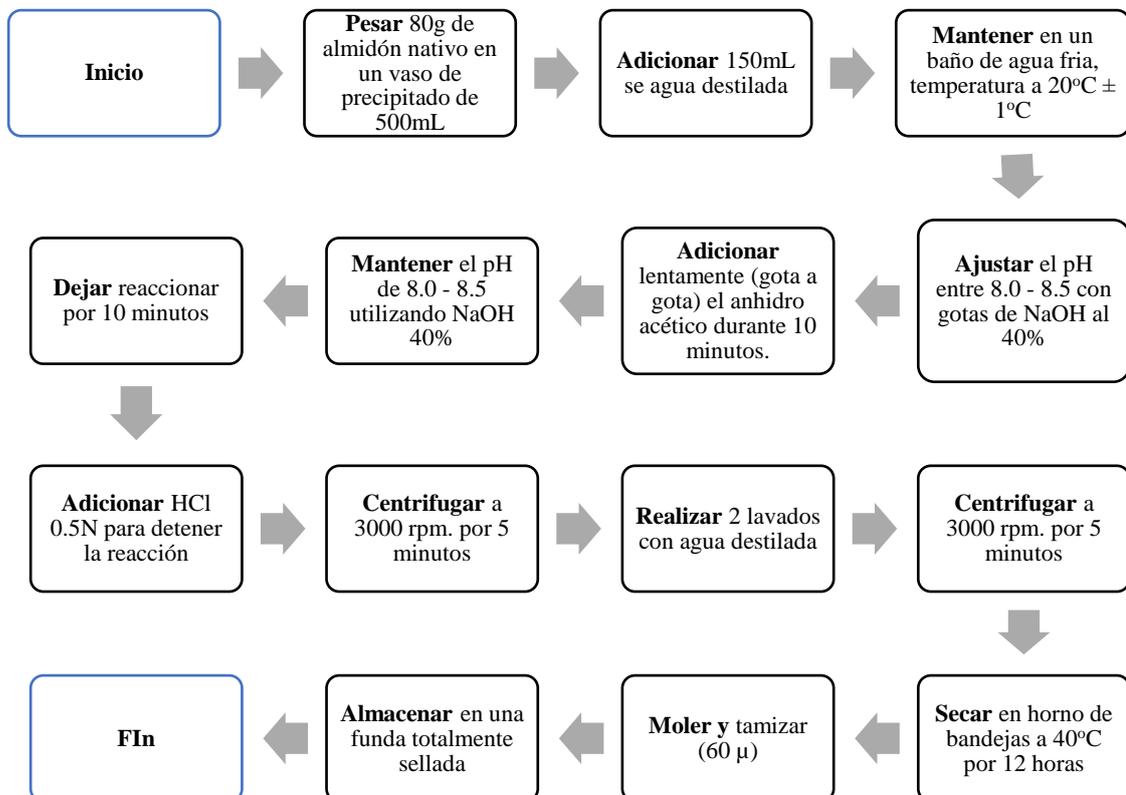


Ilustración 4-2: Extracción de Almidón Acetilado

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

2.3.2.3 Diseño factorial 2k para obtención de la biopelícula

El diseño factorial 2^k se aplica también en la obtención de la biopelícula, asumiendo como variables la cantidad de almidón acetilado y plastificante (glicerina). La adición del almidón de maíz morado (*Zea mays L.*) modificado es la primera variable, la segunda variable es la cantidad de glicerina. Se realizarán 4 tratamientos con 4 repeticiones cada una para obtener resultados confiables con un total de 16 muestras. Al final se determinará qué tratamiento es el más adecuado para la obtención de la biopelícula, verificando a través de un análisis sensorial y pruebas mecánicas al mejor tratamiento escogido en dicho análisis.

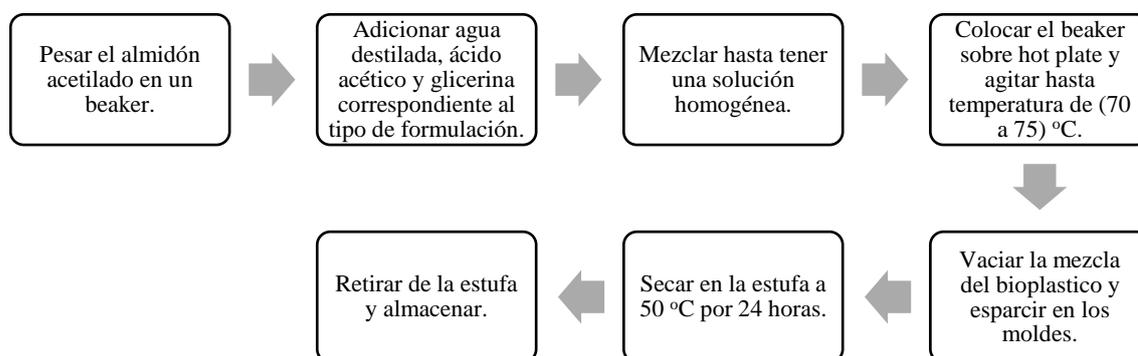


Ilustración 5-2: Obtención de biopelícula

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

2.3.3 Equipos, materiales y reactivos a utilizar

Tabla 7-2: Equipos, materiales y reactivos a utilizar

Equipos	Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Estufa • Mufla • Potenciómetro • Termobalanza • Tamizadores • Agitador orbital • Reverbero 	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de ensayo • Espátula • Varilla de agitación • Crisoles • Cápsula de porcelana • Cajas Petri de vidrio • Probetas de 500 mL y 200 mL • Termómetro • Vidrio reloj • Buretas de 25 mL y 50 mL • Vasos de precipitación 25 mL, 50 mL y 100 mL 	<ul style="list-style-type: none"> • Glicerina • Ácido acético • Agua destilada • Ácido clorhídrico 0.5N • Hidróxido de sodio al 40%

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

2.4 Unidad de Análisis

Las unidades de estudio son la extracción del almidón acetilado y la formulación de la biopelícula a partir de la materia prima seleccionada. Se realizará una previa caracterización al almidón extraído de maíz morado (*Zea mays L.*), mientras que la biopelícula se le someterá a pruebas mecánico-físicas para conocer la calidad del producto.

2.5 Población de Estudio

La población de estudio será la materia prima altamente seleccionada de maíz morado (*Zea mays L.*), la cual se obtendrá de un proveedor de hortalizas y legumbres procedente del mercado mayorista de la ciudad de Ambato. Beneficiando de manera directa al proyecto de investigación “OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS DEL ECUADOR”, el cual se encarga de la Investigación Ambiental y Desarrollo de la ESPOCH (GIADE).

2.6 Tamaño de Muestra

Para los 4 tratamientos con sus 4 repeticiones de cada tratamiento, se utilizará 3 kg de maíz morado (*Zea mays L.*).

2.7 Selección de la Muestra

Para la selección de la muestra de maíz morado (*Zea mays L.*), se toma en cuenta la calidad del maíz y el tiempo de almacenaje, las características organolépticas y apariencia del maíz son otro punto al momento de seleccionar la muestra, los cuales resaltan:

- Libre de humedad
- Olor característico (propio del maíz)
- Color morado oscuro
- No presencia de moho

2.8 Técnicas de Recolección de Datos

2.8.1 Almidón

2.8.1.1 *Obtención de Almidón*

Este proceso se realizará mediante el método húmedo:

- Lavar la materia prima y retirar impurezas.
- Colocar en la licuadora 200 g. de muestra y 500 mL de agua (de preferencia agua destilada).
- Realizar los tratamientos con el tiempo previamente ya establecidos.
- Filtrar el licuado por una tela fina y dejar reposar en recipientes el líquido, lavar el bagazo obtenido de la filtración para recuperar más almidón.
- Desechar el sobre nadante del líquido.
- Dejar secar el sedimento en un secador de bandeja a 60°C por 24 horas.
- Moler y tamizar (tamiz de 60 μ para biopelícula).
- Guardar en una funda hermética.

2.8.1.2 *Ceniza*

- Poner 3 crisoles en una estufa para retirar la humedad a 105°C durante 2 horas.
- Pesar los crisoles después de 2 horas o hasta que el peso sea constante.
- Pesar 2 g. de muestra de almidón.
- Añadir la muestra en los crisoles, colocar en la mufla a una temperatura entre 500 – 550 °C durante 4 horas o hasta que se observe la ceniza (color característico).
- Sacar la muestra y dejar enfriar en un desecador.
- Pesar el crisol que contiene la ceniza.
- Determinar el porcentaje de ceniza:

Ecuación 2-2: Determinación de ceniza

$$\%ceniza = \frac{p_f}{p_i} * 100\%$$

Donde:

p_i : Peso inicial de la muestra antes de ingresar a la mufla.

p_f : Peso final después de retirar de la mufla.

2.8.1.3 *Humedad*

- Poner 3 cápsulas en una estufa a 105 °C durante 2 horas para retirar la humedad.

- Pesar las cápsulas después de 2 horas o hasta que su peso sea constante.
- Pesar 3 g. de muestra de almidón.
- Añadir las muestras en las cápsulas, colocar en la estufa a 105 °C durante 2 horas.
- Pesar las capsulas hasta que el peso sea constante.
- Determinar el porcentaje de humedad:

Ecuación 3-2: Determinación de humedad

$$\%humedad = \frac{p_i - p_f}{p_i} * 100\%$$

Donde:

p_i : Peso inicial de la muestra antes de ingresar a la estufa.

p_f : Peso final después de retirar de la estufa.

2.8.1.4 *Fibra*

Prueba en el equipo de Digestión Ácido-Base Gravimétrico, Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbios en Agua y Alimentos SAQMIC, Riobamba-Ecuador.

2.8.1.5 *Proteína*

Prueba en el equipo de Digestión Ácido-Base micro Kleldhal, Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbios en Agua y Alimentos SAQMIC, Riobamba-Ecuador.

2.8.1.6 *Viscosidad De Brookfield*

- Pesar 25.0 g. de almidón en base seca, disolver en agua destilada y completar a 500 mL.
- Colocar la suspensión en un vaso de precipitado de 1000 mL y calentar con agitación hasta ebullición (aproximadamente 15 minutos).
- Retirar y enfriar el gel hasta 25 °C.
- Medir la viscosidad a 25 °C, velocidad de 10 RPM, leer directamente la viscosidad (Sánchez et al., 2007, p. 68).

2.8.1.7 *Temperatura de gelatinización*

- Pesar 10 g de almidón disolver en agua destilada y completar a 100 mL.

- Tomar 50 mL de la suspensión en un vaso de precipitado de 100 mL.
- Colocar el vaso con la muestra en baño maría a una temperatura de 85 °C.
- Agitar con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que se forma una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos.
- Leer la temperatura de gelatinización (Sánchez et al., 2007, p. 69).

2.8.1.8 Poder de hinchamiento, índice de solubilidad y absorción de agua

- Pesar tubos de centrifuga secos y esterilizar a 60 °C por una hora.
- Pesar en los tubos 1.25 g. de almidón y agregar exactamente 30 mL de agua destilada y agitar (sin excederse).
- Colocar en baño maría a 60 °C durante 30 minutos; agitar la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento.
- Centrifugar a temperatura ambiente a 3000 RPM durante 30 minutos.
- Decantar el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar (máximo un minuto después) y medir el volumen.
- Tomar 10 mL del sobrenadante y colocar en un vaso de precipitados de 50 mL (previamente pesado).
- Secar el sobrenadante en un horno durante toda la noche a 70 °C.
- Pesar el tubo de centrifuga con el gel.
- Pesar el vaso de precipitados con los insolubles.

Ecuación 4-2: Determinación de Índice de Absorción de Agua

$$IAA = \frac{\text{Peso de gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)}}$$

Ecuación 5-2: Determinación de Índice de Solubilidad en el Agua

$$ISA = \frac{\text{Peso solubles (g)} * V * 10}{\text{Peso muestra (g)}}$$

Ecuación 6-2: Determinación de Poder de Hinchamiento

$$PH = \frac{\text{Peso de gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)} - \text{Peso solubles(g)}}$$

Fuente: Sánchez et al., (2007, p. 71)

2.8.1.9 *pH*

- Calibrar el medidor de pH con las soluciones tampón pH 4.0 y pH 7.0
- Mezclar 20,0 g. de almidón en base seca con 100 mL de agua destilada (previamente hervida para eliminar el CO₂) durante 15 minutos.
- Filtrar a través de un papel filtro Whatman N°1.
- Tomar una alícuota y medir el pH con una cifra decimal (Sánchez et al, 2007, p. 71).

2.8.1.10 *Amilosa y amilopectina*

Pruebas realizadas en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Quito - Ecuador.

2.8.2 *Acetilación*

2.8.2.1 *Acetilación - Almidón de maíz morado (Zea mays L.)*

- Pesar 80 g. de almidón nativo en un vaso de precipitación de 250 mL.
- Mezclar en 150 mL de agua destilada.
- Introducir en baño frío a 15 °C durante toda la modificación.
- Ajustar el pH entre 8 - 8.5 con NaOH 40% utilizando un potenciómetro.
- Adicionar lentamente el anhídrido acético durante 10 min.
- Mantener el pH entre 8 - 8.5 utilizando NaOH 40%.
- Dejar reaccionar durante 10 min.
- Detener la reacción adicionando HCl 0.5 N.
- Centrifugar a 3000 RPM durante 5 min.
- Realizar 2 lavados con agua destilada y centrifugar.
- Secar en un horno de bandejas con recirculación a 45 °C durante 24 horas.
- Moler y tamizar (60 μ).
- Guardar en una funda hermética (Arenas et al, 2017, p. 24).

2.8.2.2 *Grado de sustitución*

➤ *Grupos acetilos:*

- Pesar 1 g. de almidón acetilado y nativo en un Erlenmeyer de 250 mL.

- Adicionar 50 mL de agua tipo I, 2 gotas de fenolftaleína.
- Neutralizar con NaOH 0.1N hasta que permanezca un color ligeramente rosado.
- Añadir 25 mL de NaOH 0.45N, agitar la suspensión con ayuda de un agitador magnético durante 30 minutos.
- Titular las muestras con HCl 0.2N.
- Determinar el porcentaje de grupos acetilos (Sulbarán et al., 2018, p. 15).

Ecuación 7-2: Porcentaje de Grupos acetilo

$$\%Acetl = \frac{(mL\ blanco - mL\ muestra) * N\ del\ HCl * 0.043 * 100}{gramos\ de\ la\ muestra\ (base\ seca)}$$

Fuente: Sulbarán et al., (2018, p. 15)

Donde:

- mL blanco: mL de HCl 0.2N gastados en la titulación del almidón nativo.
- mL muestra: mL de HCl 0.2N gastados en la titulación del almidón acetilado.
- 0.043: miliequivalentes del grupo acetilo

➤ *Grado de Sustitución*

Ecuación 8-2: Determinación de Grado de Sustitución

$$Grado\ Sustitucion = \frac{162 * \%Acetl}{4300 - (42 * \%Acetl)}$$

Fuente: Sulbarán et al., (2018, p. 16)

Donde:

- 162: Peso molecular de la unidad anhidro glucosa (g/mol).
- 4300: 100 por peso molecular del grupo acetilo (g/mol).
- 42: peso molecular del grupo acetilo – 1 (g/mol).

2.8.3 *Biopelícula*

2.8.3.1 *Formulación de la Biopelícula*

Las constantes que se mantiene en los tratamientos es el agua y el ácido acético (vinagre), se añade 40 mL de agua y 4 mL de ácido acético a todas las repeticiones de los cuatro tratamientos.

Tabla 8-2: Formulación para la Biopelícula

No.	Tratamiento	Variables	Repetición	Volumen agua (mL)	Volumen Ácido acético (mL)
1	T1	GL1 : AL1	R1	40	4
2			R2		
3			R3		
4			R4		
5	T2	GL2 : AL1	R1		
6			R2		
7			R3		
8			R4		
9	T3	GL1 : AL2	R1		
10			R2		
11			R3		
12			R4		
13	T4	GL2 : AL2	R1		
14			R2		
15			R3		
16			R4		

Elaborado por: Paredes, M. 2022.

Donde:

- GL1: Cantidad de Glicerina (0.5 mL)
- GL2: Cantidad de Glicerina (1 mL)
- AL1: Cantidad de Almidón Acetilado (2.5 g)
- AL2: Cantidad de Almidón Acetilado (3 g)

2.8.3.2 Caracterización de la Biopelícula

➤ Solubilidad

- Cortar piezas de dimensiones de 3x3 cm.
- Añadir las muestras en un desecador durante 7 días.
- Pesar las muestras y colocar en un vaso de precipitación con 80 mL de agua destilada.
- Mantener en agitación constante durante 1h a 25°C
- Secar en las piezas en una estufa a 60 °C durante 2h
- Tomar el peso de las muestras (Escobar et al., 2011, p. 32).

Ecuación 9-2: Solubilidad de la Biopelícula

$$\%Solubilidad = \frac{Peso\ inicial_{(base\ seco)} - Peso\ final_{(base\ seco)}}{Peso\ inicial_{(base\ seco)}} * 100$$

Fuente: Escobar et al., (2011, p. 34)

➤ *Espesor*

- Medir 4 Biopelículas con un pie de rey digital.
- Determinar el promedio del espesor de las películas.

➤ *Permeabilidad*

- En 4 tubos de ensayo agregar sílica gel (0% HR).
- Cubrir con la biopelícula la boca de los tubos de ensayo y sellar con cinta adhesiva.
- Introducir los tubos de ensayo en un desecador (50% HR) a 25 °C.
- Pesar cada hora los tubos de ensayos.
- Calcular la permeabilidad al vapor de agua (g/Pa*s*m) (Joaqui et al., 2013, p. 61).

Ecuación 10-2: Velocidad de transmisión de vapor de agua

$$VTVA = \frac{J}{t * A}$$

Ecuación 11-2: Permeabilidad al vapor de agua

$$PVA = \frac{VTVA * L}{P_w * (RH_1 - RH_2)}$$

Fuente: (Joaqui et al., 2013, p. 61)

Donde:

- J: Pendiente de la curva peso vs. Tiempo.
- t: Tiempo total en horas.
- A: Área de permeación (m²).
- L: Espesor de la película (m).
- PW: Presión parcial del vapor de agua a temperatura del ensayo (Pa)
- RH₁ - RH₂: Diferencia de humedades relativas.

➤ *Degradabilidad*

- Cortar Biopelículas de 3x3 cm.
- Realizar un peso inicial de la muestra.
- Colocar a una profundidad de 2 cm de la tierra en condiciones aeróbicas.
- Pesar durante 4 semanas (cada dos días).
- Calcular el porcentaje de degradabilidad.

Ecuación 12-2: Degradabilidad de la Biopelícula

$$\%Degadabilidad = \frac{\textit{peso inicial} - \textit{peso final}}{\textit{peso final}} * 100\%$$

2.8.3.3 *Pruebas mecánicas*

➤ *Ensayo de tracción*

Estas pruebas se realizaron en la Facultad de Ciencias, Laboratorio de Investigación, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador.

- La máquina de ensayo debe ser automotriz y deberá mantener la velocidad de separación de las mordazas.
- La probeta deberá sujetarse firmemente a las mordazas, utilizando mordazas que mantienen la presión sobre las probetas cuando se incrementa la fuerza aplicada.
- Medir el espesor de la biopelícula con un pie de rey.
- La probeta tendrá un ancho de 2.5 cm y una altura de 7.00 cm.

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1 Datos y discusión de resultados de maíz morado.

3.1.1 *Análisis sensorial y cualitativo de maíz morado*

Partiendo de 3 Kg aproximadamente de materia prima se realizó un análisis sensorial. En la table 9-3 y 10-3 se presentan las características más selectas de la materia prima.

Tabla 9-3: Análisis organoléptico de muestra de Maíz morado

No.	MATERIA PRIMA	
	CARACTERISTICA	
1	Olor	Dulce
2	Sabor	Dulce-Amargo
3	Color	Morado
4	Textura interna	Suave
5	Textura externa	Lisa-Rugoso

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

Tabla 10-3: Datos y análisis cualitativos de Maíz morado

PRODUCTO	No.	MATERIA PRIMA		
		PESO (g)	LONGITUD (mm)	DIÁMETRO (mm)
MAÍZ MORADO	1	0.532	12.33	7.50
	2	0.568	12.50	10.00
	3	0.663	12.50	10.80
	4	0.513	11.50	11.00
	5	0.547	11.40	10.80
	Promedio	0.565	12.046	10.020

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

Continuando con el proceso, se realizó la extracción de almidón de maíz morado mediante el diseño descrito en la Tabla 6-2 para encontrar el tratamiento con mayor rendimiento de almidón obtenido, como se muestra en la Tabla 11-3.

Tabla 11-3: Extracción de almidón de maíz morado por el método - Vía Húmeda

No.	PRODUCTO	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)			RENDIMIENTO (%)		TIEMPO SECADO (H)	
						PRODUCTO	ALMIDÓN		R	PROMEDIO		
							R	PROMEDIO				TOTAL
1	Maíz morado	T1	RPM 1: 60	R1	500	200	31.536	31.6371	126.5484	15.768	15.819	16
				R2			32.0167			16.008		
				R3			31.8679			15.934		
				R4			31.1278			15.564		
		T2	RPM 2: 90	R1			40.7267	40.343225	161.3729	20.363	20.172	16
				R2			40.189			20.095		
				R3			39.876			19.938		
				R4			40.5812			20.291		
		T3	RPM 1: 60	R1			36.519	36.4953	145.9812	18.260	18.248	16
				R2			36.7861			18.393		
				R3			36.5174			18.259		
				R4			36.1587			18.079		
		T4	RPM 2: 90	R1			38.9654	38.935	155.74	19.483	19.468	16
				R2			39.0015			19.501		
				R3			38.9874			19.494		
				R4			38.7857			19.393		

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

Al obtener los datos anteriores se realiza un análisis ANOVA para la verificación de aceptación o rechazo de la hipótesis nula, y una prueba de TUKEY para analizar si existe o no diferencias significativas entre los tratamientos analizados.

Tabla 12-3: Rendimiento de almidón de Maíz Morado para análisis ANOVA

	VB 1	VA2	VB 1	VA2
Tratamiento	T1	T2	T3	T4
Rendimiento	15.768	20.363	18.26	19.483
	16.008	20.095	18.393	19.501
	15.934	19.938	18.259	19.494
	15.564	20.291	18.079	19.393
Promedio	15.90	20.13	18.30	19.49

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

Tabla 13-3: Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo

RESUMEN	T1	T2	Total
RPM			
Cuenta	4	4	8
Suma	63.274	80.687	143.961
Promedio	15.8185	20.17175	17.995125
Varianza	0.038857	0.037108917	5.447066982
RPM			
Cuenta	4	4	8
Suma	72.991	77.871	150.862
Promedio	18.24775	19.46775	18.85775
Varianza	0.016616917	0.00253825	0.4334665
Total			
Cuenta	8	8	
Suma	136.265	158.558	
Promedio	17.033125	19.81975	
Varianza	1.709847554	0.158596214	

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

Tabla 14-3: Análisis de varianza de rendimientos de almidón de Maíz Morado

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	2.976487563	1	2.976487563	125.16626	1.05163E-07	4.747225347
Columnas	31.06111556	1	31.06111556	1306.171649	1.28905E-13	4.747225347
Interacción	9.817255562	1	9.817255562	412.8319493	1.1599E-10	4.747225347
Dentro del grupo	0.28536325	12	0.023780271			
Total	44.14022194	15				

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

3.1.1.1 Discusión del análisis de varianza ANOVA

Para el análisis de varianza ANOVA como se muestra en la Tabla 14-3, de acuerdo con el valor crítico para F de 4.7472 con respecto a F calculado se rechaza la hipótesis nula, donde:

- Hipótesis nula: la extracción de almidón es igual en todos los tratamientos con un 95% de efectividad.
- Hipótesis alternativa: la extracción de almidón es diferente al menos en un tratamiento con un 95% de efectividad.

Al estar a la derecha del valor crítico con respecto a “f” que es de 4.747 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, donde existirá por lo menos un tratamiento que tendrá un rendimiento estadístico diferente. Para la culminación del análisis se realizó una prueba de TUKEY para analizar si existe o no una diferencia significativa entre los tratamientos descritos. Se necesita de HSD (Diferencia Honestamente Significativa) que se representa con la letra “ ω ” para identificar la diferencia.

Tabla 15-3: Comparación de tratamientos mediante prueba TUKEY

	T1	T2	T3	T4
T1		4.35	2.43	3.65
T2			-1.92	-0.70
T3				1.22
T4				

HSD =	0.32
Multiplicador =	4.20
Mse =	0.02
n =	4

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

Aquellos valores señalados con azul (ω mayor) tienen diferencias significativas y los valores señalados con amarillo (ω menor) no mostraron diferencia alguna. Con dichos valores es fácil concluir que el mejor tratamiento es el T2 con una velocidad alta a un minuto y medio con un rendimiento de $20.172\% \pm 0.32$ mostrando que es el mejor tratamiento para la extracción de almidón de maíz morado, por tal motivo, para su estudio y mayor cantidad de almidón necesario se opta por el tratamiento 2.

3.2 Caracterización Físico - Químico de la materia prima de Maíz Morado

Tabla 16-3: Caracterización Físico – Química de materia prima

PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR	ESTÁNDAR	NORMA / INSTITUCIÓN
Humedad	%	34.691	-	INEN 1456
Ceniza	%	1.52	≤2	NTE INEN 520
Solubilidad	%	5.107	-	FAO 2015
pH		6.301	5.00- 7.00	INEN 1456
Fibra	%	2.36	-	SAQMIC
Proteína	%	7.71	-	SAQMIC
Viscosidad	cP	<60	840-1500 cP	FAO 2015
Temperatura de gelatinización	°C	0	57.5-70	FAO (Grace,1977)
Amilosa	%	16.49	-	CINIAP
Amilopectina	%	83.51	-	CINIAP
Escherichia coli	UPC/g	Ausencia	1000-5000	SAQMIC
Levaduras y mohos	UPC/g	Ausencia	1000-5000	SAQMIC
Coliformes totales	UPC/g	Ausencia	-	SAQMIC

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

3.3 Caracterización de almidón nativo y modificado de Maíz Morado

3.3.1 Humedad

El análisis de humedad del almidón nativo arrojó un resultado de 9.997%, comparando con otros autores como Manzano, (2016, p. 18) obtuvo un porcentaje de humedad 8.87%, Tovar, (2008, p. 49) empleo un almidón con una humedad de 8.28% y Mettler, (2020) con el más alto contenido de humedad de 11.76%, se aprecia una clara semejanza entre los autores mencionados con un porcentaje entre 8 y 11%, que claramente el porcentaje de humedad obtenido consta dentro de este rango. Su diferencia en la humedad de cada almidón se debe a la procedencia de la materia prima, el método de conservación y secado del almidón.

El análisis del almidón modifica por acetilación arrojó un resultado de 9.33% con una variación muy baja con el almidón nativo, Garg et al., (2011, p. 1627) afirma que los análisis de humedad coinciden con la disminución de la humedad en menor grado, el almidón de maíz sometido a pruebas dio como resultado un 13% de humedad de almidón nativo y un 12.97% de humedad de almidón modificado, observando que la disminución de humedad es mínima. La disminución de humedad favorece a la conservación del almidón modifica, al tener una humedad menor al 13% los mohos y levaduras no pueden crecer con facilidad, evitando que se produzca una fermentación

o que su pH se altere. Este límite también es recomendado por el Instituto de Normalización (NTE INEN 2051:1995), el cual cumple con los requisitos necesarios con la norma establecida.

3.3.2 Cenizas

El almidón nativo tuvo un porcentaje de ceniza de 1.10%, muy por encima de Tovar, (2008, p. 88) que obtuvo un porcentaje de 0.52%, Maza et al., (2021, p. 946) obtuvieron un porcentaje de 0.53% de cenizas de almidón de maíz morado y Nolzco et al., (2016, p. 350) obtuvieron un dato muy similar al estudiado, que fue de 1.2% de ceniza, el cual, se puede notar que fue un porcentaje casi similar, estos valores altos pudo ser por el aumento de minerales, tales como el fosforo Gunaratne, (2002, p. 428), influyendo así en el contenido de ceniza.

Para el almidón acetilado se obtuvo un porcentaje de ceniza de 0.79%, un decrecimiento significativo a comparación del almidón nativo, Garg et al., (2011, p. 1626) el cual obtuvo un porcentaje de ceniza 0.3% muy por debajo del almidón nativo que fue de 0.63%, confirmando que debe existir una reducción de ceniza, debido al proceso de modificación que degrada químicamente al almidón Singh et al., (2007, p. 928), El Instituto Ecuatoriano de Normalización menciona que el límite máximo de ceniza es de 1% NTE INEN 2 051:1995 (1995), constatando que el almidón modificado de maíz morado cumple con esta norma.

3.3.3 pH

Al realizar la medición del almidón nativo con el potenciómetro, se obtuvo un pH de 5.43, valor que según Maza et al., (2021, p. 947) al obtener un pH de 4.53 está acorde con el rango estima de pH de 4 – 6 para los almidones de maíz con pigmentación violeta, y así lo confirma Sívoli et al., (2014, p. 7) al obtener un pH de 5.30 en sus estudios de almidón nativo y modificado de maíz.

Para nuestro almidón modificado se obtuvo un pH de 6.19 un incremento elevado a comparación con el almidón nativo y según Sulbaran, (2013, p. 258) que obtuvo en pH de 6 en su estudio de almidón de maíz modificado que confirman que estos valores obtenidos garantizan que el material esté libre de anhídrido acético, ácido clorhídrico e hidróxido de sodio, reactivos que participan en la modificación química.

3.3.4 Poder de hinchamiento, índice de solubilidad y absorción de agua

Tabla 17-3: Resultados de solubilidad en agua

	IAA (%)	ISA (%)	PH (%)
Almidón nativo	2.110	3.357	2.135
Almidón acetilado	3.118	5.951	3.186

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

Los datos de la Tabla 17-3 se obtuvieron a partir de las Ecuaciones 4-2, 5-2 y 6-2 descritas en el capítulo II, el cual, nos describe un aumento de estos tres parámetros al comparar el almidón nativo y el acetilado, según Sulbaran, (2013, p. 259) los almidones modificados de maíz no deben pasar el 15% del Índice de Absorción de Agua (IAA) y el Poder de Hinchamiento (PH), por lo general esta propiedad se aumenta en los almidones acetilados, así los autores Rincón et al., (2007, p. 290) lo confirman en sus estudios con valores de PH de 2.9 % en almidón nativo y PH de 4.6% en almidón acetilado, en IAA 1.9% y 3.5% respectivamente y en ISA de 0.8% y 4.5% respectivamente, las alteraciones en los valores de solubilidad e hinchamiento observados en el almidón acetilado pueden ser atribuidos a la introducción de grupos acetilo sustituyentes, que retienen moléculas de agua para formar puentes de hidrogeno en los gránulos de almidón y facilitan el acceso de moléculas de agua a las áreas amorfas, que aumentan su solubilidad y los almidones con un alto contenido de grupos acetilos presentan mayor solubilidad, cabe aclarar que el poder de hinchamiento es favorecido por el incremento de la temperatura que aumenta esta propiedad de los gránulos de almidón (Sodhi et al., 2005, p. 120). Se puede afirmar al comparar el almidón nativo con el almidón acetilado que el Poder de Hinchamiento tuvo un mejoramiento.

3.3.5 Viscosidad

La viscosidad del almidón nativo fue de 2942 cP a una temperatura de 20 °C, algunos autores alcanzan valores más elevados como Sulbaran, (2013, p. 265) que obtuvo un valor de 5550 cP de almidón nativo, un cambio drástico tuvieron Salinas et al., (2003, p. 190) que alcanzó un valor de 1212 cP, el cual puede ser descrito por la introducción de grupos hidrofílicos, que incrementan la retención de moléculas de agua y en consecuencia los gránulos de almidón nativo incrementen el poder de hinchamiento y favorezca la gelatinización (Rached et al., 2014, p. 85).

El almidón acetilado obtuvo un valor de viscosidad de 2349 cP muy por debajo del almidón nativo. La viscosidad tiene la capacidad de aumentar o disminuir refiriéndose al proceso de modificación dependiendo de la fuente de almidón y el grado de acetilación alcanzado, en el caso de aumento de viscosidad López et al., (2010, p. 10) afirma a que se debe este comportamiento al aumento de la capacidad de retener agua y al incremento del grado de sustitución, al existir una

desorganización molecular los grupos acetilos se introducen en la molécula de almidón y desarrollan una estructura más organizada con mayor absorción de agua y poder de hinchamiento generando una viscosidad más elevada en los almidones acetilados, para el caso de la disminución de viscosidad Colussi et al., (2015, p. 1079) señala que este suceso se debe a la introducción de grupos acetilos en la molécula de almidón, parando las interacciones y evitando los alineamientos paralelos de las cadenas de amilosa, reteniendo la generación de una consistencia altamente viscosa de la pasta formada en comparación al almidón nativo. Comparando con los dos casos anteriores el que está acorde a esta investigación es el de descenso de viscosidad.

3.3.6 *Temperatura de Gelatinización*

La temperatura de gelatinización del almidón de nativo es de 70 °C, dato que lo confirma Maza et al., (2021, p. 946) y Tovar, (2008, p. 49) quienes obtuvieron una temperatura de gelatinización de 70 y 71.3 °C. El límite que se encuentra la temperatura de gelatinización en almidones de maíz es de 67.8 y 71.6 °C según Singh et al., (2006, p. 16) añadiendo que el almidón de maíz se gelatiniza a temperaturas relativamente bajas.

Al obtener la temperatura del almidón modificado analizamos que existe una disminución de temperatura de gelatinización, dando como valor de 68 °C, tal disminución de temperatura lo reporta también Colussi et al., (2015, p. 1079) con un valor de 69.15 °C en almidón modificado de arroz. Esta disminución de temperatura de gelatinización de los almidones modificados, puede deberse al daño sufrido por el gránulo, involucrando a la interrupción de las dobles hélices en las regiones amorfas debida a los grupos acetilo ahora presentes, la presencia de más grupos acetilos le dan más flexibilidad al biopolímero, contribuyendo también a la disminución de la temperatura de gelificación, para los almidones acetilados de Mirmoghtadaie et al., (2009, p. 710) (Lawal, 2004, p. 2674).

3.3.7 *Amilosa y amilopectina*

Tabla 18-3: Contenido de Amilosa y Amilopectina de almidón

Muestra	Amilosa (%)	Amilopectina (%)
Nativo	27.08	72.92
Acetilado	29.37	70.63

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

El análisis de Amilosa se realizó en el Laboratorio de Servicios de Análisis e Investigación en Alimentos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) utilizando el método MO-LSAIA-04, el cual, se obtuvo un ligero incremento de amilosa de 29.37% del almidón acetilado y 70.63% de amilopectina con un descenso menor al del almidón nativo (Tabla 18-3),

según Valle et al., (2008, p. 286) reporta un 30% de amilosa en almidón de maíz acetilado, debiéndose al tamaño del gránulo que oscila entre 3 y 20 μm , reportando que los almidones con menor tamaño de gránulo presentan un mayor grado de modificación (Huang et al., 2007, p. 545). Otros estudios realizados por Figueroa et al., (2016, p. 177) obtuvieron 21.41% de amilosa del almidón nativo con un ligero incremento de amilosa en varios ciclos de calentamiento (10 y 240 min.) con valores de 21.48 y 21.75% respectivamente, probablemente por el debilitamiento de fuerzas intramoleculares por la sustitución de grupos -OH e introducción de grupos acetilos. Han et al., (2013, p. 1628) obtuvieron un valor de 23.56% de amilosa de almidón nativo de maíz, afirmando que, al momento de acetilar el almidón nativo, tuvieron un aumento no muy significativo de 24.81, 25.75 y 26.28% de amilosa respectivamente debió a la interferencia de los grupos acilo con el funcionamiento de las fracciones de amilosa y amilopectina del almidón y afectó la absorción de yodo durante la prueba. De este modo corroboramos que el caso de Han se apega a nuestra investigación y afirmando que tenemos un buen almidón acetilado para la continuación de la investigación.

3.3.8 Microbiológico

Los análisis microbiológicos de materia prima, almidón nativo y almidón acetilado se realizaron en el Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbios en Agua y Alimentos SAQMIC, obteniendo Ausencia de Coliformes Totales para los tres casos, según la Norma Ecuatoriana NTE INEN 2051:1995 (1995) debe existir un rango máximo de 100 UFG/g, cumpliendo con el requerimiento es apto para seguir con esta investigación, para el caso de Mohos y Levaduras hay ausencia en el almidón acetilado, en el almidón nativo se obtuvo un valor de 30 UFG/g y según la Norma Ecuatoriana NTE INEN 2051:1995 (1995) debe estar en un rango máximo de 500 UFG/g, cumpliendo lo dispuesto por dicha Norma, por último, para la determinación de *Escherichia coli* la Norma Ecuatoriana NTE INEN 2051:1995 (1995) es estricta al expresar que debe existir ausencia de esta bacteria, cumpliendo nuestra investigación (ANEXOS N, O y P) todos los parámetros dispuestos por esta Norma Ecuatoriana, afirmando que nuestro almidón acetilado obtenido es útil para la creación de biopelículas.

3.4 Modificación del almidón por Acetilación

3.4.1 Acetilación

Tabla 19-3: Condiciones para la Acetilación

Condiciones	Maíz Morado (<i>Zea mays L.</i>)
Muestra de almidón nativo (g)	80

Anhídrido acético 99% (mL)	15
Temperatura durante la reacción (°C)	20
Tiempo de reacción (min)	30
pH durante reacción	8 – 8.5

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

Para el proceso de acetilación se tomó una muestra de 80 g de almidón nativo y se sometió al proceso descrito en la Gráfica 1-2, en la Tabla 18-3 se describa las condiciones en las cuales se llevó a cabo esta modificación.

Se agrego también Hidróxido de Sodio para elevar el pH a 8 – 8.5 con una agitación constante, seguido se adiciono Anhídrido acético dejando reaccionar por 10 minutos y se adiciono Ácido clorhídrico que tuvo un tiempo de duración de 30 minutos. Continuando con el proceso se centrifugo, se lavó el sedimento 3 veces y se dejó secar en una estufa a 45 °C toda la noche, se trituro, se tamizo y se guardó. Autores como Della et al., (2008, p. 285), Garg et al., (2011, p. 1625) utilizan procesos similares para la modificación de almidón nativo.

3.4.2 Verificación de acetilación

3.4.2.1 Grado de sustitución

Tabla 20-3: Porcentaje de acetilo y Grado de Sustitución (GS)

Muestra	% de Acetilo	Grado de Sustitución
Almidón Nativo	---	---
Almidón Acetilado	7.45	0.3

Elaborado por: Paredes, Milton. 2022.

Para la muestra de almidón acetilado que se encontró en dependencia del agente utilizado (Anhídrido acético) se presenta con un porcentaje de 7.45 de acetilación, este resultado tiene una relación directa con el grado de sustitución, equivalente al promedio de grupos -OH que se reemplazaron por grupos $\text{CH}_3\text{-C=O}$ en la molécula de almidón nativo. La sustitución de los grupos hidroxilos en la cadena de almidón son expresados con frecuencia como GS, en la Tabla 19-3 se observa el resultado obtenido en GS de almidón acetilado después de un tratamiento de 15 mL de anhídrido acético. La sustitución es llevada a cabo en los carbonos 2, 3 y 6, estos carbonos son los menos impedidos estéricamente a lo largo de la amilosa, al ser una cadena lineal sus grupos -OH pueden ser sustituidos muy fácilmente (Sulbaran, 2013, p. 263). El grado de sustitución se va a limitar por la disponibilidad de los grupos -OH, ya que, la reacción siempre va a empezar por el carbono que se encuentra más libre para su reacción.

Estudios realizados por Lawal, (2004, p. 209) en almidones extraídos de maíz y tratados con anhídrido acético obtuvieron un GS de 0.03 y 0.04 con porcentaje de acetilo de 0.79 y 1.05 respectivamente, Sulbaran, (2013, p. 263) obtuvo valores de GS de almidón de maíz de 0.69, 0.82 y 0.86 con un porcentaje de 18.37, 21.64 y 22.79 respectivamente, tratados también con anhídrido acético, observando un claro incremento en el GS. Este incremento pudo averse atribuida a una mayor tasa de colisión con el almidón, al ser el anhídrido acético altamente reactivo pudo facilitar la formación de derivados de almidón con mayor grado de sustitución, también puede atribuirse el cambio de GS a las diferentes fuentes de almidón, contenidos de amilosa, tamaño y morfología del grano, las condiciones que se llevó a cabo la reacción de acetilación o la variación del tiempo de reacción y temperatura. Comparando con los dos casos anteriores el que está acorde a esta investigación es el incremento del grado de sustitución.

3.5 Obtención de la biopelícula

3.5.1 Formulación de la biopelícula

Tabla 21-3: Datos de la formulación de biopelícula

TRATAMIENTOS	CANTIDADES			
	Almidón acetilado de maíz morado	Glicerina (mL)	Ácido acético(mL)	Agua destilada (mL)
T1	2.5	0.5	4	40
T2	2.5	1	4	40
T3	3	0.5	4	40
T4	3	1	4	40

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

Acorde al diseño factorial 2k, se formularon 4 tratamientos para la obtención de la biopelícula de almidón acetilado de maíz morado, como se describe en la Tabla 23-3 la cantidad de agua destilada y ácido acético son constantes, la cantidad de glicerina es importante para que tenga una buena elasticidad y resistencia la biopelícula. Según Enríquez et al., (2012, p. 185) los procesamientos más comunes de las biopelículas son el molde y el prensado, para ejecutar el molde el almidón, el plastificante y otros componentes se dispersan en una cantidad de agua de 5 a 15 veces el peso del almidón, se calienta con agitación constante sin que haya presencia de burbujas de aire, se moldea como película y se deja secar el tiempo necesario para obtener la biopelícula.

3.5.2 Resultados del tratamiento del diseño experimental del bioplástico 2²

Tabla 22-3: Dimensionamiento de los cuatro tratamientos

PRODUCTO	TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	T (°C)	TIEMPO (min)	SECADO				PESO (g)	PROMEDIO	PESO / ÁREA	ESPESOR (mm)
					ELABORACIÓN	LUGAR	MÉTODO	T (°C)	TIEMPO (H)	R			
BIOPELICULA DE ALMIDÓN ACETILADO	T1	CA1 : CP1	R1	68	8	LABORATORIO INVESTIGACIÓN	AMBIENTE	25	48	1.0996	1.03	0.122	0.12
			R2	68	8			25	48	0.9285		0.103	0.11
			R3	68	8			25	48	1.0854		0.121	0.13
			R4	68	8			25	48	1.0185		0.113	0.11
	T2	CA1 : CP2	R1	68	7			25	48	0.9436	1.00	0.105	0.11
			R2	68	7			25	48	1.0666		0.119	0.12
			R3	68	7			25	48	1.014		0.113	0.1
			R4	68	7			25	48	0.9912		0.110	0.12
	T3	CA2 : CP1	R1	68	8			25	48	1.1467	1.06	0.127	0.11
			R2	68	8			25	48	1.0181		0.113	0.12
			R3	68	8			25	48	1.0972		0.122	0.12
			R4	68	8			25	48	0.9597		0.107	0.11
	T4	CA2 : CP2	R1	68	8			25	48	0.9873	1.00	0.110	0.11
			R2	68	8			25	48	0.9973		0.111	0.1
			R3	68	8			25	48	1.0017		0.111	0.11
			R4	68	8			25	48	1.0112		0.112	0.1

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

Tabla 23-3: Análisis ANOVA de la formulación de la biopelícula

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	1E-04	1	1E-04	1.6	0.22991599	4.74722535
Columnas	0.000225	1	0.000225	3.6	0.08209743	4.74722535
Interacción	2.5E-05	1	2.5E-05	0.4	0.53895363	4.74722535
Dentro del grupo	0.00075	12	0.0000625			
Total	0.0011	15				

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

Se aplicó el diseño factorial 2^2 para la formulación de las biopelículas, seguido se realizó el análisis estadístico ANOVA para determinar si hay diferencias significativas, en la Tabla 24-3 se detalla las variables para la formación de las 4 biopelículas, en la Tabla 25-3 se registran los datos obtenidos del análisis ANOVA, en cual, se concluye que no existe diferencias significativas entre las variables, de acuerdo con el valor crítico de F de 4.74 con respecto a F y al encontrarse a la izquierda del valor crítico calculado se acepta la hipótesis, así, cumpliendo con las condiciones más adecuadas se eligió la formulación número 1, que posee más estabilidad, resistencia y elasticidad al momento de someterla a los análisis de tracción.

3.5.3 Análisis sensorial de la biopelícula

Tabla 24-3: Análisis Sensorial

PRODUCTO	TRATAMIENTO	MOLDE	FORMA DE LA PELÍCULA	TRANSPARENCIA	ESTABILIDAD
BIOPELICULA DE ALMIDÓN ACETILADO	T1	CIRCULAR	REDONDA	OPACA	RESISTENTE
	T2				INESTABLE
	T3				RESISTENTE
	T4				ESTABLE

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

Los cuatro tratamientos presentaron diferencias debido a la concentración de las variables de formulación, uno de los análisis significativos es la estabilidad de la biopelícula y su transparencia, dándole así, su característica de bioplástico, en la Tabla 26-3 se observa las características generales de los cuatro tratamientos, concluyendo que el tratamiento T1 y T3 tienen mayor resistencia y a lo que se refiere a elasticidad el tratamiento indicado es el T4.

3.5.4 Análisis de espesor

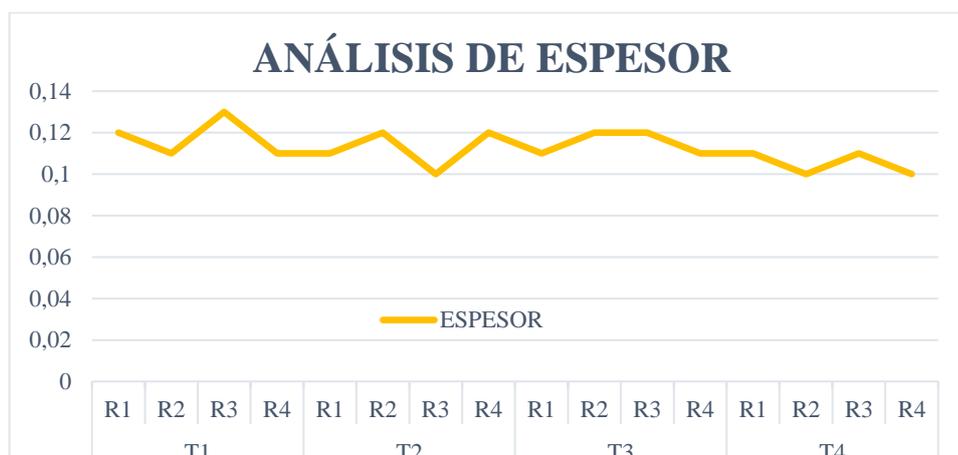


Ilustración 6-3: Resultados de Análisis de Espesor de la Biopelícula

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

El espesor de la biopelícula se realizó con 4 formulaciones como se muestra en la Tabla 21-3 y cuatro repeticiones de cada formulación, Cao et al., (2007, p. 1157) indica que el espesor de las biopelículas pueden ser determinadas con la ayuda de un micrómetro digital Readout LCD 1/100e., con una sensibilidad de $\pm 0.001\text{mm}$, en cinco puntos diferentes de la biopelícula. El espesor fue determinado con el promedio de los cinco puntos aleatorios como indica Cao et al., (2007, p. 1157).

3.6 Análisis físico-químico y mecánico de la biopelícula

3.6.1 Humedad de la Biopelícula

Tabla 25-3: Datos de Humedad de la Biopelícula

Tratamientos	Repeticiones	Peso inicial Biopelícula (g)	Peso final Biopelícula (g)	% Humedad
T1	R1	0.117	0.112	4.753
	R2	0.114	0.108	4.801
	R3	0.114	0.108	5.259
	Promedio	0.115	0.109	4.938
T2	R1	0.141	0.129	8.978
	R2	0.155	0.142	8.778
	R3	0.151	0.139	8.423
	Promedio	0.149	0.137	8.727
T3	R1	0.168	0.156	7.717
	R2	0.162	0.149	8.035
	R3	0.159	0.147	8.044
	Promedio	0.163	0.150	7.932

T4	R1	0.211	0.190	11.111
	R2	0.201	0.179	12.004
	R3	0.208	0.184	12.859
	Promedio	0.207	0.184	11.992

Elaborado por: Paredes, Milton 2022

En la Table 27-3 se indican los promedios de porcentaje de humedad de la biopelícula modifica, comparando con los almidones sin modificar el porcentaje de humedad es relativamente baja, así lo indican Espinoza et al., (2019, p. 58) en su estudio, donde concluyen que la humedad debe estar en un rango de 19.3 a 22.1%. En estudios realizados a biopelículas modificadas químicamente Trujillo, (2014, p. 69) afirma que los almidones modificados deben disminuir el porcentaje de humedad, en su estudio de almidón doblemente modificado indica que el porcentaje que deben tener es de 6.01 a 14.84% de humedad, debido a la acetilación, aumentando el carácter hidrofóbico del almidón y modificando la estructura química sustituyendo los grupos -OH (Hidrofílicos) por grupos ésteres (Hidrofóbicos). El contenido de humedad es muy importante debido al efecto antiplastificante de los polímeros importantes en la propiedades Fisicoquímicas y funcionales, las biopelículas con alto porcentaje de humedad son frágiles o propensas a la ruptura a la manipulación y en el almacenamiento proliferan hongos u otros microorganismos (Chariguamán, 2015, p. 11). Para nuestro estudio el tratamiento uno cumple con los parámetros de almidones modificados al tener 4.93% de humedad, mayor resistencia, elasticidad y descartando el tratamiento cuatro debido a su elevado porcentaje de humedad.

3.6.2 Solubilidad de la Biopelícula

Tabla 26-3: Datos de Solubilidad de la Biopelícula

Tratamientos	Repeticiones	Peso Biopelícula inicial (g)	Peso Biopelícula final (g)	% Solubilidad
T1	R1	0.117	0.079	32.021
	R2	0.114	0.077	32.511
	R3	0.114	0.074	35.057
	Promedio	0.115	0.077	33.196
T2	R1	0.141	0.072	48.580
	R2	0.155	0.081	47.837
	R3	0.151	0.079	47.676
	Promedio	0.149	0.077	48.031
T3	R1	0.168	0.097	42.149
	R2	0.162	0.093	42.336
	R3	0.159	0.092	41.956
	Promedio	0.163	0.094	42.147
T4	R1	0.211	0.130	38.626
	R2	0.201	0.121	39.531
	R3	0.208	0.127	38.894
	Promedio	0.207	0.126	39.017

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

Conforme a la Tabla 28-3 donde se detalla los datos obtenidos y promedios de solubilidad de los diferentes tratamientos de la biopelícula, analizamos que el mejor tratamiento de la biopelícula para solubilidad es el uno con un porcentaje de 33.196, en el estudio de MEDINA et al., (2012, p. 190) de biopelículas modificadas obtuvieron un porcentaje de 33 y 35 de solubilidad y probablemente, el aumento de la solubilidad en agua de las películas acetiladas se deba a la reacción de acetilación que induce una mayor absorción de agua de los gránulos de almidón. También lo confirma Contreras, (2021, p. 54) que obtuvo un porcentaje de 26.74 y 49.91 de solubilidad en su estudio. El alto grado de solubilidad para las biopelículas puede ser una alternativa para la aplicación de productos que requieren hidratación antes de su consumo, o de cobertura que requieren una rápida germinación en el campo Tharanathan, (2005, p. 380). En Algunas aplicaciones pueden requerir que la biopelícula requiera un bajo grado de solubilidad como para cubrir frutas y hortalizas, en otros casos van a requerir la solubilidad se mayor como biopelículas comestibles y de envolturas de dulces que se disuelven fácilmente cuando entran en contacto con nuestra saliva Trujillo, (2014), siendo el primer caso lo ideal para nuestra investigación.

3.6.3 Permeabilidad

Tabla 27-3: Datos de Permeabilidad de la Biopelícula

		Peso por horas									
Tratamiento	Repetición	Peso biopolímero (g)	Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Peso 3 (g)	Peso 4 (g)	Peso 5 (g)	Peso 6 (g)	Espesor (mm)	Tiempo	PV
T1	R1	0.212	33.006	33.015	33.020	33.027	33.029	33.087	0.00012	6	0.17543
	R2	0.202	32.666	32.674	32.678	32.685	32.688	32.701	0.00011		
	R3	0.221	32.931	32.938	32.942	32.948	32.951	32.987	0.00013		
	Promedio	0.212	32.868	32.876	32.880	32.887	32.889	32.925	0.00012		
T2	R1	0.211	32.103	32.116	32.121	32.127	32.131	32.199	0.00011	6	0.17543
	R2	0.203	32.112	32.126	32.131	32.141	32.142	32.199	0.00012		
	R3	0.201	31.762	31.777	31.780	31.788	31.790	31.801	0.00010		
	Promedio	0.205	31.992	32.006	32.011	32.019	32.021	32.066	0.00011		
T3	R1	0.215	31.864	31.869	31.906	31.911	31.915	31.987	0.00011	6	0.17543
	R2	0.218	32.059	32.063	32.085	32.089	32.092	32.107	0.00012		
	R3	0.217	31.950	31.953	31.957	31.961	31.964	32.001	0.00012		
	Promedio	0.217	31.958	31.962	31.983	31.987	31.990	32.032	0.00012		
T4	R1	0.209	33.637	33.643	33.649	33.653	33.657	33.697	0.00011	6	0.17543
	R2	0.210	32.510	32.514	32.519	32.524	32.527	32.589	0.00010		
	R3	0.207	32.614	32.621	32.624	32.630	32.633	32.692	0.00011		
	Promedio	0.209	32.920	32.926	32.931	32.936	32.939	32.993	0.00011		

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

Tabla 28-3: Resultados de Permeabilidad de la Biopelícula

Tratamiento	PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA (g/h.m ³ . MPa)
T1	3.00E-03
T2	3.74E-03
T3	4.06E-03
T4	2.75E-03

Elaborado por: PAREDES, Milton 2022.

En la Tabla 29-3 se describen los datos obtenidos. Para este estudio según Chariguamán, (2015, p. 15) el estudio de permeabilidad consta de tres etapas, la primera etapa llamada índice o coeficiente de difusión (zona de más alta humedad relativa hacia la película), la segunda etapa es cuando se genera una diferencia de presiones parciales, donde se toma en cuenta el grosor y el área de la biopelícula, y la última etapa se da el fenómeno de desorción (área de menor humedad relativa). Un factor importante que interfiere en la permeabilidad de la biopelícula es el glicerol y proteína que interfieren para aumentar la permeabilidad, Mali et al., (2004, p. 131) señalo el efecto del glicerol en las biopelículas de almidón, al aumentar la concentración de glicerol la PVA aumento, concluyendo a que este comportamiento pudo estar relacionado con la red de almidón en combinación con el carácter hidrófilo del glicerol. En los resultados obtenidos en nuestro estudio se describe una PVA (permeabilidad de vapor de agua) de 0.00275 g/h*m³MPa el más bajo y el más elevado de 0.00406 g/h*m³MPa del T3, en el caso de almidones no modificados el valor de PVA son más elevados, el estudio de Ledesma et al., (2021, p. 45) indica que el rango que debe estar es de 0.03 – 0.374 g/h*m³MPa muy por encima de los almidones modificados, Contreras, (2021, p. 59) al desarrollar su estudio lo confirma obteniendo valores de 0.0031 – 0.0055 g/h*m³MPa de PVA en sus biopelículas modificadas, también Trujillo, (2014, p. 82), reporta valores de 0.168 – 0.374 g/h*m³MPa de PVA muy por debajo de los valores de PVA de las biopelículas no modificadas, lo que representa que el uso de las biopelículas obtenidas son aptas para empaques de alimentos que requieran evitar o disminuir la transferencia entre el alimento y el vapor de agua.

3.6.4 Ensayos Mecánicos

Tabla 29-3: Resultados de Ensayos Mecánicos de la Biopelícula

PRODUCTO	TRATAMIENTO	CARGA MAX. (N)	DESPLAZAMIENTO MAX. (mm)	ESFUERZO MAX. (MPa)	DEFORMACIÓN MAX. (%)
BIOPELÍCULA DE ALMIDÓN ACETILADO DE MAÍZ MORADO	T1	4.91	14.5254	32.7333	363.629
	T2	1.11	7.907	7.4	197.675
	T3	3.3425	10.4363	22.2833	260.908
	T4	6.345	1.8043	42.3	45.1083

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

Los ensayos mecánicos se realizaron en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias siguiendo el procedimiento del Técnico Docente encargado. De los datos obtenidos como se muestran en la Tabla 31-3, el tratamiento uno tiene un mayor porcentaje de deformación máxima de 363.62% y un valor de 4.91 N de carga máxima, comparando con el tratamiento tres su carga máxima es mucho mayor que la del tratamiento uno, con valor de 6.345 N y su deformación máxima es mucho menor con un porcentaje de 45.1083%, esto debido a su poca elasticidad. Según Denavi et al., (2009, p. 2098) afirma que uno de los medidas que dependen las biopelículas para sus aplicaciones es el porcentaje de deformación, para mantener su integridad al momento de su transporte y manipulación. Contreras, (2021, p. 56) en sus resultados de biopelículas modificadas obtuvo un porcentaje de deformación máxima de 118% muy similar a lo sucedido en nuestra investigación. Lima et al., (2007, p. 836) afirma que las concentraciones bajas de glicerina ayudan a la tracción entre las cadenas macromoleculares, ayudando al aumento de tensión de las biopelículas. Para nuestra investigación el tratamiento uno (Tabla 23-3 cantidades de formulación) es el adecuado, al tener un alto porcentaje de deformación cumpliendo con los parámetros para el embalaje de alimentos que está enfocada esta investigación.

3.6.5 Degradabilidad

Para las pruebas de degradabilidad se realizó en diferentes ambientes (aire, tierra y agua). Los datos de los cuatro tratamientos se recolectaron con un área inicial de 3X3, las primeras mediciones del área de los cuatro tratamientos se realizaron en el programa imageJ, luego se realizó las medianas cada cinco días, aproximadamente por 35 días.

3.6.5.1 Degradabilidad en medio aerobio

Tabla 30-3: Resultados de degradabilidad en medio aerobio

TRATAMIENTO	UNIDAD	DÍAS							
		0	5	10	15	20	25	30	35
T1	cm ²	9.00	8.63	8.50	8.33	8.22	8.19	8.16	8.15
	%	0.00	4.11	5.56	7.44	8.67	9.00	9.33	9.44
T2	cm ²	9.00	8.92	8.88	8.86	8.70	8.69	8.26	7.40
	%	0.00	0.89	1.33	1.56	3.33	3.44	8.22	17.78
T3	cm ²	9.00	7.99	7.45	7.19	7.12	7.08	7.07	6.79
	%	0.00	11.22	17.22	20.11	20.89	21.33	21.44	24.56
T4	cm ²	9.00	8.93	8.84	8.66	8.64	8.62	8.33	7.62
	%	0.00	0.78	1.78	3.78	4.00	4.22	7.44	15.33

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

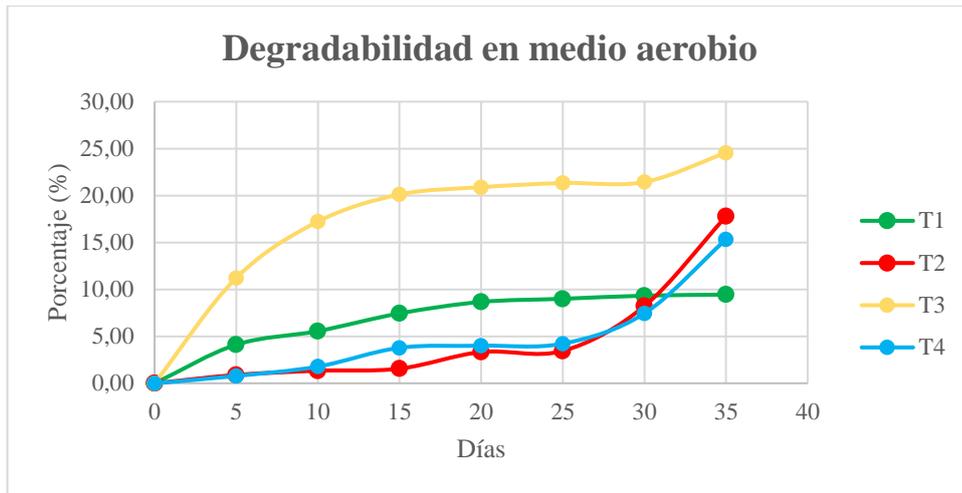


Ilustración 7-3: Degradabilidad en medio aerobio

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

Tabla 31-3: Apariencia de degradabilidad en medio aerobio

Degradabilidad en medio aerobio			
Día 0	Día 5	Día 10	Día 15
Día 20	Día 25	Día 30	Día 35

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

La prueba de biodegradabilidad en medio aerobio se realizó en un tiempo de 35 días, en la Tabla 32-3 se plasmó los datos recolectados y en la Ilustración 6-3 se observa que el tratamiento tres tiene mayor relevancia con un porcentaje de biodegradabilidad de 24.56%, debiéndose a que existe baja presencia de microorganismos quienes son encargados de ayudar a la descomposición, dificultando de esta manera la biodegradabilidad de la biopelícula en este medio.

3.6.5.2 Degradabilidad en agua

Tabla 32-3: Resultados de degradabilidad en medio acuoso

TRATAMIENTO	UNIDAD	DÍAS							
		0	5	10	15	20	25	30	35
T1	cm ²	9.00	8.61	5.60	5.53	5.47	4.31	4.24	3.96
	%	0.00	4.33	37.78	38.56	39.22	52.11	52.89	56.00
T2	cm ²	9.00	8.92	8.81	8.71	7.91	5.33	4.82	2.44
	%	0.00	0.89	2.11	3.22	12.11	40.78	46.44	72.89
T3	cm ²	9.00	5.90	3.58	0.70	0.60	0.11	0.07	0.01
	%	0.00	34.44	60.22	92.22	93.33	98.78	99.22	99.94
T4	cm ²	9.02	8.85	7.77	7.50	6.90	6.24	6.06	5.66
	%	0.00	1.88	13.86	16.85	23.50	30.82	32.82	37.25

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

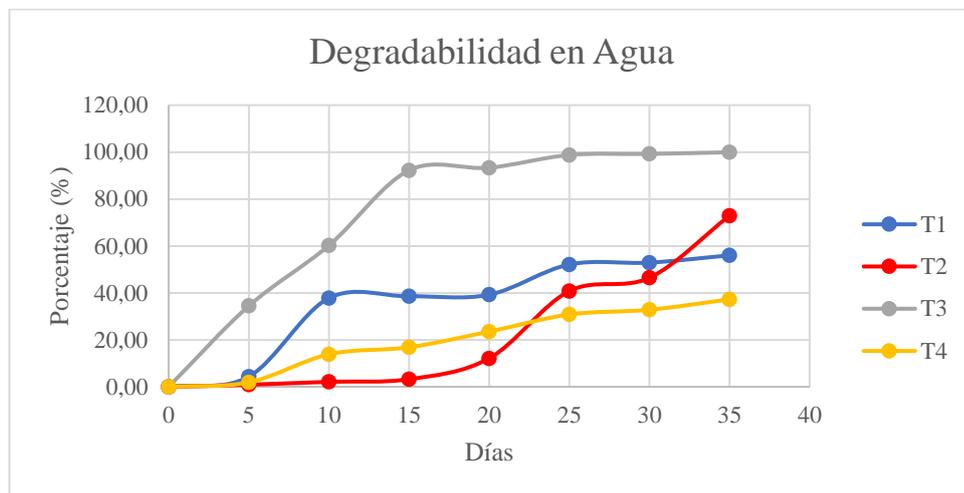


Ilustración 8-3: Degradabilidad en medio acuoso

Elaborado por: Paredes, Milton 2022

Tabla 33-3: Apariencia de degradabilidad en medio acuoso

Degradabilidad en agua			
Día 0	Día 5	Día 10	Día 15
Día 20	Día 25	Día 30	Día 35

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

Para la prueba de biodegradabilidad en medio acuoso se tomó una tarina transparente y se colocó la biopelícula, seguido se introdujo agua y se procedió a su estudio en un periodo de 35 días, tomando datos cada 5 días (Tabla 34-3), obteniendo un resultado de 99.94% correspondiente al tratamiento tres, que a diferencia de los demás tratamientos (Ilustración 6-3) muestra claramente su diferencia que hay en cada tratamiento estudiado y existiendo una rápida biodegradabilidad en este medio, debiéndose a que en su estructura absorbe mayor cantidad de agua llegando a un punto donde no puede absorber más y destruyéndose poco a poco la biopelícula.

3.6.5.3 Degradabilidad en tierra

Tabla 34-3: Resultados de degradabilidad en tierra

TRATAMIENTO	UNIDAD	DÍAS							
		0	5	10	15	20	25	30	35
T1	cm ²	9.00	8.20	6.45	6.29	5.51	5.15	4.88	3.40
	%	0.00	8.89	28.33	30.11	38.78	42.78	45.78	62.22
T2	cm ²	9.00	6.80	5.71	5.68	5.16	4.86	4.36	3.13
	%	0.00	24.44	36.56	36.89	42.67	46.00	51.56	65.22
T3	cm ²	9.00	6.10	5.28	5.24	4.75	4.22	3.52	1.38
	%	0.00	32.22	41.33	41.78	47.22	53.11	60.89	84.67
T4	cm ²	9.00	8.64	6.85	6.78	6.05	5.27	5.07	4.56
	%	0.00	4.00	23.89	24.67	32.78	41.44	43.67	49.33

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

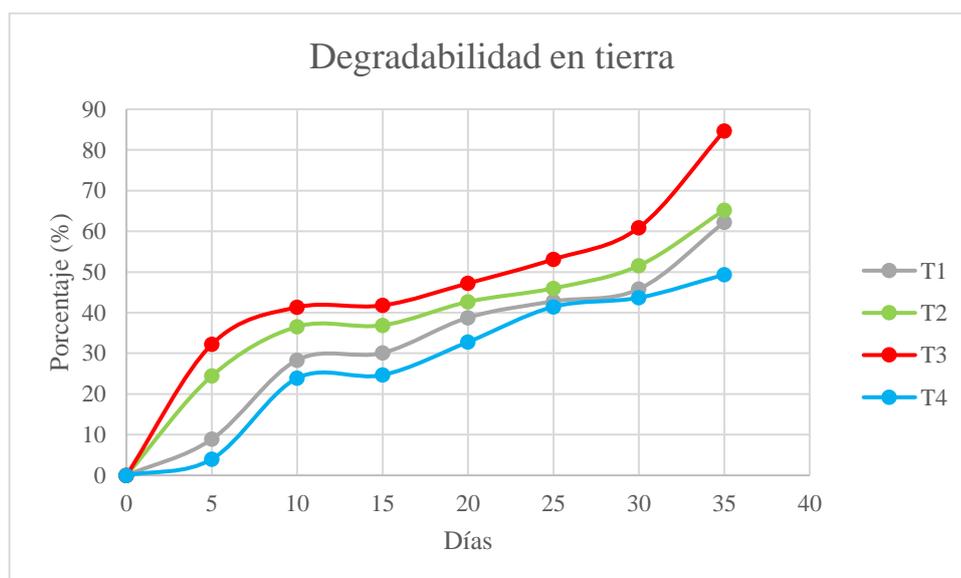


Ilustración 9-3: Degradabilidad en tierra

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

Tabla 35-3: Apariencia de degradabilidad en tierra

Degradabilidad en tierra			
Día 0	Día 5	Día 10	Día 15
			
Día 20	Día 25	Día 30	Día 35
			

Elaborado por: Paredes, Milton 2022.

Para la degradabilidad en medio anaerobio se toma tierra altamente fértil, se colocó en las tarrinas transparentes y se introdujo la biopelícula a una profundidad de 3 cm., recolectando datos (área de biopelícula calculada en el programa imageJ) cada 5 días (Tabla 36-3), resalta nuevamente el tratamiento tres (Ilustración 7-3) con un valor de 84.67%, los demás tratamientos tuvieron una degradabilidad casi similar, esto se debe, a que en la tierra existe mayor presencia de microorganismos (hongos, bacterias, protozoos y nematodos) y estos ayudan a su rápido descomposición. En el estudio realizado las biopelículas se degradaron en un 20 y 90% en 35 días, cumpliendo con la norma EN 13432 que menciona, para que un material sea biodegradable debe descomponerse un mínimo de 90% de su estructura física en un periodo no mayor de seis meses. Según Peinado (2015, p. 23) reporta valores de 54 y 74% de degradabilidad en un periodo de 45 días, afirmando que estos valores son satisfactorios para la creación de biopelículas biodegradables ayudando a disminuir la contaminación del medio ambiente por el plástico convencional. De los datos analizados el tratamiento tres se destaca en los tres medios estudiados, siendo en medio acuoso con mayor porcentaje de biodegradabilidad debiéndose a que la biopelícula absorbe rápidamente el agua ocasionando mayor pérdida de su estructura física y ayudando a la rápida degradabilidad en este medio, evidenciando que las biopelículas obtenidas son aptas para biodegradarse en cualquier medio.

3.6.6 Aplicación de la Biopelícula en el producto

Para la aplicación de la biopelícula en el recubrimiento de alimentos, se realizó el estudio en la fruta de fresa, en la que una fruta se dejó al ambiente y la otra se recubrió con la biopelícula

modificada por una semana en condiciones normales del medio ambiente para determinar el análisis final de la fruta.

Tabla 36-3: Análisis sensorial de la fruta recubierta

Análisis Sensorial de la Fresa				
Estudio	Textura	Olor	Sabor	Aspecto
Fresa al ambiente	Suave	Fétido	Amargo	Deteriorado, podrido
Fresa Recubierta	Dura	Dulce	Dulce	Aceptable

Elaborado por: Paredes, Milton 2022

3.7 Prueba de hipótesis

3.7.1 *Al extraer el almidón de maíz morado (*Zea mays L.*) acetilado se garantiza realizar un plástico biodegradable altamente semejantes a los plásticos convencionales, el cual permitirá ser aplicado en el recubrimiento de alimentos.*

El almidón de maíz morado (*Zea mays L.*) acetilado se extrajo mediante la modificación química del almidón nativo, el cual se utilizó 80 g. de almidón nativo, hidróxido de sodio al 40%, ácido clorhídrico 0.5 N, anhídrido acético al 99% y un pH de 8 – 8.5 con una duración de reacción de media hora, cumpliendo con las condiciones adecuadas para la formulación de la biopelícula, siendo la formulación una (almidón acetilado 2.5 g., 0.5 mL de glicerina, 40 mL de agua y 4 mL de ácido acético) la más indicada, obteniendo un valor de elongación de un 363.62% con una carga máxima de 4.91 N muy ideal para el recubrimiento de alimentos y un PVA de 0.003 g/h*m³MPa indispensable requerimiento para disminuir la transferencia de vapor de agua entre los alimentos, aceptando la hipótesis general plantada para la creación de una biopelícula muy similar a los plásticos utilizados tradicionalmente.

3.7.2 *Se consigue extraer el almidón de maíz morado (*Zea mays L.*) mediante el método húmedo.*

El almidón nativo se extrajo mediante el método húmedo, en el cual, la variable fue el tiempo de licuado para cada tratamiento de la materia prima, en el diseño factorial 2k se indica un tiempo de 60 y 90 segundos respectivamente (revoluciones altas y bajas), se toma como base 200 g. de materia prima y 500 mL de agua destilada, obteniendo un rendimiento del 21.172% y el más bajo de 15.819%, aceptando la hipótesis para la obtención del almidón nativo, considerando que el método por vía húmeda es el más adecuado para la mayor obtención de almidón de maíz morado.

3.7.3 *Mediante la acetilación se obtiene un almidón modificado con un alto poder de hinchamiento, mejor solubilidad en agua y una baja temperatura de gelificación, aspectos necesarios para una biopelícula degradable.*

Para la acetilación del almidón nativo se realizó bajo las condiciones ya establecidas en la Gráfica 1-2, obteniendo un almidón modificado con aspectos necesarios para la creación de una biopelícula de alta calidad, obteniendo un poder de hinchamiento de 3.86% y una solubilidad en agua de 5.951%, valores elevados comparando con valores del almidón nativo, estos datos son esenciales para la creación de la biopelícula. Un valor con mayor relevancia es la temperatura de gelatinización con valor de 68 °C muy aceptable para la degradabilidad de la biopelícula, aceptando la hipótesis establecida, ya que, cumple con todos los aspectos indicados en la hipótesis.

3.7.4 *Los resultados del análisis proximal del almidón acetilado extraído de maíz morado (Zea mays L.) participara directamente en la calidad en la biopelícula obtenida.*

Al obtener el almidón acetilado se procedió a la realización de los análisis de este, llegando a obtener valores muy acertados según diferentes autores para almidones modificados. Un valor fundamental para la creación de la biopelícula es la humedad, cuyo valor fue de 9.33% y según Garg et al, (2011, p. 1625) el valor de la humedad debe ser menor para evitar la proliferación de microorganismos, un dato relevante también lo es la viscosidad del almidón modificado cuyo valor fue de 2349 cP que implica directamente en la formación de la biopelícula, tales parámetro se cumple en la hipótesis planteada.

3.7.5 *A partir de formulaciones con porcentajes de almidón extraído de maíz morado (Zea mays L.) acetilado y ciertos aditivos se podrá obtener biopelículas.*

Para la creación de una biopelícula resistente y similar a los plásticos tradicionales la formulación número uno cumple con los requerimientos necesarios. Su estructura está formada por 2.5 g. de almidón acetilado, 0.5 mL de glicerina, 40 mL de agua destilada y 4 mL de ácido acético. Al realizar todos los ensayos físico-químicos de la biopelícula, se determina que esta formulación es idónea para el recubrimiento de alimentos por tener una elongación máxima elevada, humedad baja, porcentaje de solubilidad baja y una permeabilidad menor, aceptando la hipótesis planteada al inicio de esta investigación.

CONCLUSIONES

- Se realizaron cuatro tratamientos para la creación de biopelículas modificadas, tomando en cuenta el porcentaje de elongación, espesor de la biopelícula y su caracterización, concluyendo que los tratamientos 1 y 2 cumplen con las características necesarias para el recubrimiento de alimentos.
- Las operaciones unitarias óptimas para el proceso de extracción de almidón fueron la filtración, sedimentación, trituración, con un rendimiento máximo de 20.17% mediante el método húmedo, validando con un análisis estadístico ANOVA y TUKEY demostrando que el tratamiento 2 hay diferencias significativas con un grado de confiabilidad del 95%.
- Se realizó la acetilación del almidón de maíz morado (*Zea mays L.*) utilizando anhídrido acético al 99% e hidróxido de sodio al 40%, verificando mediante el grado de sustitución obteniendo 7.45% de grupos acetilos y un grado de sustitución de 0.3. Cuyos resultados son mayores para almidones modificados de maíz, el cual, sobrepasa el grado de sustitución de 0.3, obteniendo una clara evidencia del proceso de acetilación correcta.
- Los análisis sensoriales de la muestra de almidón nativo y acetilado estuvieron acorde a la normativa NTE INEN 2051:1995, dando como referencia a los requisitos para humedad, ceniza, fibra, proteína, coliformes, mohos y levaduras, cumpliendo con lo establecido en la norma.
- Al obtener las formulaciones basadas en el diseño experimental 2K para la creación de biopelículas a base de almidón modificado y mediante análisis sensorial, los tratamientos uno y tres (T1 = 2.5 g. de almidón modificado, 0.5 mL de glicerina y T3 = 3 g. de almidón modificado, 0.5 mL de glicerina) cumplen con lo necesario para el recubrimiento de alimentos, resaltando el porcentaje de elongación de 363.62% del T1, con baja permeabilidad de vapor de agua favoreciendo al alimento a su mayor conservación y bajo índice de solubilidad mantiene la integridad estructural de la biopelícula.

RECOMENDACIONES

- En proceso de extracción de almidón nativo se presentó mucha cantidad de residuos, el cual puede ser utilizado como medio alimenticio.
- Mantener en agitación constante durante todo el proceso de acetilación de almidón nativo para evitar la pérdida de almidón modificado.
- Mantenerse al pendiente del pH, la temperatura, cantidad de solución y el tiempo necesario para la reacción.
- Mantener el almidón modificado en un lugar herméticamente sellado libre de humedad para evitar la proliferación de microorganismos no deseados.
- Los valores al momento de crear una formulación pueden variar para crear una biopelícula altamente resistente.
- Para la creación de la biopelícula el almidón acetilado debe ser estrictamente tamizado en un tamiz de 60 μ para que puedan mezclarse con mayor eficiencia al momento de agregar los demás aditivos para la creación de la biopelícula.
- Al crear la biopelícula realizarla en un molde adecuada y manejable para su posterior estudio.

BIBLIOGRAFÍA

AIMARETTI, N. R., et al. Aprovechamiento de La Glicerina Obtenida Durante La Producción de Biodiesel. [en línea] *Invenio*, vol. 11, no. 020, 2008, pp. 137–44, Disponible en: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/66127/CONICET_Digital_Nro.b4f60257-37a8-40a4-bba7-a65861fbcfb6_J.pdf?sequence=11&isAllowed=y.

ALVES, V. D., et al. Effect of Glycerol and Amylose Enrichment on Cassava Starch Film Properties. *Journal of Food Engineering*, vol. 78, no. 3, Feb. 2007, pp. 941–46, doi:10.1016/j.jfoodeng.2005.12.007.

AMANI, N., et al. No Title Stability of Yam Starch Gels during Processing. *Afr. J. Biotechnol.*, 2005, pp. 94–101.

ARENAS R., C. A., and PEDRAZA G., D. J. *Evaluación Del Proceso de Modificación de Almidón de Papa Mediante Acetilación y Oxidación, Para Su Aplicación Como Excipiente En La Industria Farmacéutica a Nivel Laboratorio.* Universidad de América, 2017.

BECERRIL T., M., et al. Obtaining and Structural Characterization and Functional of Acetylated Starch of Taro (*Colocasia Esculenta* Schott). [en línea] *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 6, no. 4, 2015, pp. 906–07, Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n4/v6n4a19.pdf>.

BELLO P., L. A., et al. Starch Digestibility: Past, Present, and Future. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 100, no. 14, Nov. 2020, pp. 5009–16, doi:10.1002/jsfa.8955.

BELLO P, L. A., et al. Propiedades Químicas y Funcionales Del Almidón Modificado de Plátano *Musa Paradisiaca* L. [en línea] *Agrociencia*, vol. 36, no. 2, 2002, pp. 169–80, Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30236204>.

BOISCHOT, C., et al. Factors That Influence the Microwave Expansion of Glassy Amylopectin Extrudates. *Cereal Chemistry Journal*, vol. 80, no. 1, Jan. 2003, pp. 56–61, doi:10.1094/CCHEM.2003.80.1.56.

BRITO et al. Proceso óptimas para la producción del almidón de papa china (*Colocasia* Identificación de las variables de proceso óptimas para la producción del almidón de papa china

(Colocasia esculenta) Identification of the optimal process variables for the produc. , no. January. DOI 10.23857/dc.v7i1.1680. 2021.

BRITO et al. Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza. *Dominio de las Ciencias* [en línea], 2020. vol. 6, no. 2, pp. 981-994. ISSN 2477-8818. DOI 10.23857/dc.v6i3.1261. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Hannibal-Brito-2/publication/343005745_Produccion_de_laminas_de_plastico_biodegradables_a_partir_del_almidon_de_arracacia_xanthorrhiza/links/5f1116f592851c1eff183141/Produccion-de-laminas-de-plastico-biodegradables-a-p.

BRITO et al. Síntesis de un polímero biodegradable a base de la yuca (manihot esculenta crantz). *Dominio de las Ciencias* [en línea], 2019. vol. 7, no. January 2020, pp. 202-209. ISSN 2477-8818. DOI 10.23857/dc.v7i1.1701. Disponible en: <http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn/article/view/292/257>.

BRITO et al. Extracción de almidón del arroz de cebada por procesos físicos de separación. *Revista Alfa*, 2021. vol. 5, no. 14, pp. 319-330. DOI 10.33996/revistaalfa.v5i14.120.

BRITO et al. IMPACT OF PRODUCTION PROCEDURES IN THE MANUFACTURE OF INCIDENCIA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCIÓN EN LA FABRICACIÓN DEL ALMIDÓN DE LA PAPA SUPERCHOLA (Solanum tuberosum L). [en línea], no. February, 2021, pp. 195-200. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/349424734_IMPACT_OF_PRODUCTION_PROCEDURES_IN_THE_MANUFACTURE_OF_SUPERCHOLA_POTATO_STARCH_Solanum_tuberosum_L.

CALVIN, O. Starch and Modified Starch in Bread Making: A Review. *African Journal of Food Science*, vol. 10, no. 12, Dec. 2016, pp. 344–51, doi:10.5897/AJFS2016.1481.

CAO, N., et al. Preparation and Physical Properties of Soy Protein Isolate and Gelatin Composite Films. *Food Hydrocolloids*, vol. 21, no. 7, Oct. 2007, pp. 1153–62, doi:10.1016/j.foodhyd.2006.09.001.

CAO, Z., et al. Effect of High Temperature on the Expressions of Genes Encoding Starch Synthesis Enzymes in Developing Rice Endosperms. *Journal of Integrative Agriculture*, vol. 14, no. 4, Apr. 2015, pp. 642–59, doi:10.1016/S2095-3119(14)60782-6.

CHARIGUAMÁN C., J. A. *Caracterización de Bioplástico de Almidón Elaborado Por El Método de Casting Reforzado Con Albedo de Maracuyá (Passiflora Edulis Spp.)*. [en línea] Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, 2015, Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/06a5dc04-9bc7-4253-a0ad-30c4c6c160be/content>.

CHEN, Q., et al. Recent Progress in Chemical Modification of Starch and Its Applications. *RSC Advances*, vol. 5, no. 83, 2015, pp. 67459–74, doi:10.1039/C5RA10849G.

CHI, H., et al. Effect of Acetylation on the Properties of Corn Starch. *Food Chemistry*, vol. 106, no. 3, Feb. 2008, pp. 923–28, doi:10.1016/j.foodchem.2007.07.002.

COLUSSI, R., et al. Acetylation of Rice Starch in an Aqueous Medium for Use in Food. *LWT - Food Science and Technology*, vol. 62, no. 2, July 2015, pp. 1076–82, doi:10.1016/j.lwt.2015.01.053.

CONTRERAS C., R. *Desarrollo de Una Película a Partir de Almidón Acetilado de Camote Morado Como Potencial Alternativa En El Desarrollo de Biopelículas Para Recubrimiento de Alimentos*. [en línea]. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2021, Disponible en: http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/6401/FQFB-M-2021-0349.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

CRISTIANINI, M., and GUILLÉN S., J. S. Extraction of Bioactive Compounds from Purple Corn Using Emerging Technologies: A Review. *Journal of Food Science*, vol. 85, no. 4, Apr. 2020, pp. 862–69, doi:10.1111/1750-3841.15074.

DECONINCK, S, AND BRUNO W. *Benefits and Challenges of Bio- and Oxo-Degradable Plastics* [en línea]. 2013. Disponible en: https://www.ows.be/wp-content/uploads/2013/10/Final-Report-DSL-1_Rev02.pdf.

DELLA V, D. G., et al. EFECTO DEL TIEMPO DE REACCIÓN EN LA ACETILACIÓN DE ALMIDÓN DE PLÁTANO. [en línea], *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, vol. 7, no. 3, 2008, pp. 283–91, Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/620/62011164012.pdf>.

DELLA V., D. G. *Efecto Del Nivel de Acetilación En Las Características Morfológicas y Moleculares Del Almidón de Plátano (Musa Paradisiaca L)*. [en línea] Instituto Politécnico Nacional, 2007, Disponible en: https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4174/della_valle_denisseguerra.pdf?sequence=

1&isAllowed=y.

DENAVI, G. A., et al. Structural and Functional Properties of Soy Protein Isolate and Cod Gelatin Blend Films. *Food Hydrocolloids*, vol. 23, no. 8, Dec. 2009, pp. 2094–101, doi:10.1016/j.foodhyd.2009.03.007.

ECURED. Maíz Morado. [en línea] *EcuRed*, 2017, p. 5, Disponible en: https://www.ecured.cu/Maíz_morado#Composici.C3.B3n_qu.C3.ADmica.

ENRÍQUEZ C., M., et al. COMPOSICIÓN Y PROCESAMIENTO DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES BASADAS EN ALMIDÓN. [en línea], *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 10, no. 1, 2012, pp. 182–92, Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a21.pdf>.

ESCOBAR, D., et al. Películas Biodegradables y Comestibles Desarrolladas En Base a Aislado de Proteínas de Suero Lácteo : Estudio de Dos Métodos de Elaboración y Del Uso de Sorbato de Potasio Como Conservador. *INNOTEC*, vol. 4, May 2011, pp. 33–36, doi:10.26461/04.07.

ESPINOZA A., F. H., and PUGLISEVICH R., D. C. *Influencia Del Porcentaje de Glicerol Sobre La Resistencia y Deformación En Tracción de Plásticos Biodegradables a Base de Almidón Del Tubérculo Manihot Esculenta Crantz.* [en línea], UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO, 2019, Disponible en: [https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12561/ESPINOZA_ARROYO%2C Franco Herbert%3B PUGLISEVICH RUIZ%2C Diana Carolina.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12561/ESPINOZA_ARROYO%2C%20Franco%20Herbert%20PUGLISEVICH%20RUIZ%20Diana%20Carolina.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

FIGUEROA F., J. A., et al. ACETILACIÓN DE ALMIDÓN NATIVO DE BATATA (Ipomeas Batata L). [en línea] *ProQuest*, vol. 23, 2016, pp. 174–79, Disponible en: <https://www.proquest.com/openview/11a540a534b2053583220828fe7bb688/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1806352>.

FUKAMACHI, K., et al. Purple Corn Color Suppresses Ras Protein Level and Inhibits 7,12-Dimethylbenz a Anthracene-Induced Mammary Carcinogenesis in the Rat. *Cancer Science*, July 2008, doi:10.1111/j.1349-7006.2008.00895.x.

GARG, S., and JANA, A. K. Characterization and Evaluation of Acylated Starch with Different Acyl Groups and Degrees of Substitution. *Carbohydrate Polymers*, vol. 83, no. 4, Feb. 2011, pp. 1623–30, doi:10.1016/j.carbpol.2010.10.015.

GEISSMAN, T. A. *Principios de Química Orgánica*. Edited by S.A. REVERTÉ, SEGUNDA ED, 1973.

GODÍNEZ C., M. F., et al. BIOPLÁSTICOS: SOLUCIONES AMBIENTALES. [en línea], *Instituto Asunción de México*, vol. 1, no. 1, 2016, pp. 1–17, Disponible en: <https://vinculacion.dgire.unam.mx/vinculacion-1/Memoria-Congreso-2016/trabajos-ciencias-biologicas/biologia/11.pdf>.

GOVINDARAJU, I., et al. Investigation of Physico-Chemical Properties of Native and Gamma Irradiated Starches. *Materials Today: Proceedings*, vol. 55, 2022, pp. 12–16, doi:10.1016/j.matpr.2021.11.641.

GRANADOS, C., et al. Propiedades Funcionales Del Almidón. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2014, pp. 90–93.

GUERRA D. V., D., et al. EFFECT OF REACTION TIME ON THE ACETYLATION OF PLANTAIN STARCH. [en línea], *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, vol. 7, 2008, pp. Disponible en: 283–90, <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v7n3/v7n3a13.pdf>.

GUNARATNE, A. Effect of Heat–Moisture Treatment on the Structure and Physicochemical Properties of Tuber and Root Starches. *Carbohydrate Polymers*, vol. 49, no. 4, Sept. 2002, pp. 425–37, doi:10.1016/S0144-8617(01)00354-X.

HAN, F., et al. Synthesis, Optimization and Characterization of Acetylated Corn Starch with the High Degree of Substitution. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 59, Aug. 2013, pp. 372–76, doi:10.1016/j.ijbiomac.2013.04.080.

HERNÁNDEZ M., M., et al. Caracterización Físicoquímica de Almidones de Tubérculos Cultivados En Yucatán, México. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, vol. 28, no. 3, Sept. 2008, pp. 718–26, doi:10.1590/S0101-20612008000300031.

HUANG, J., et al. Acetyl Substitution Patterns of Amylose and Amylopectin Populations in Cowpea Starch Modified with Acetic Anhydride and Vinyl Acetate. *Carbohydrate Polymers*, vol. 67, no. 4, Feb. 2007, pp. 542–50, doi:10.1016/j.carbpol.2006.06.027.

JAMARANI, R., et al. How Green Is Your Plasticizer? *Polymers*, vol. 10, no. 8, July 2018, p. 834, doi:10.3390/polym10080834.

JOAQUID, D. F., and VILLADA C., H. S. PROPIEDADES ÓPTICAS Y PERMEABILIDAD DE VAPOR DE AGUA EN PELÍCULAS PRODUCIDAS A PARTIR DE ALMIDÓN. [en línea], *Biología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 2, 2013, pp. 59–68, Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11nspe/v11nespa07.pdf>.

LAWAL, O. Composition, Physicochemical Properties and Retrogradation Characteristics of Native, Oxidised, Acetylated and Acid-Thinned New Cocoyam (*Xanthosoma Sagittifolium*) Starch. *Food Chemistry*, vol. 87, no. 2, Sept. 2004, pp. 205–18, doi:10.1016/j.foodchem.2003.11.013.

LAWAL, O. S. Succinyl and Acetyl Starch Derivatives of a Hybrid Maize: Physicochemical Characteristics and Retrogradation Properties Monitored by Differential Scanning Calorimetry. *Carbohydrate Research*, vol. 339, no. 16, Nov. 2004, pp. 2673–82, doi:10.1016/j.carres.2004.08.015.

LEDESMA U., A. A., et al. Bioplásticos de Almidón de Maíz y Quinua Para Uso Como Envolturas Alimenticias Biodegradables. [en línea], *Ciencias Técnicas y Aplicadas*, vol. 7, no. 4, 2021, pp. 39–56, Disponible en: <https://www.dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2080/4356>.

LIMA, A. M. F., et al. Influência Da Adição de Plastificante Do Processo de Reticulação Na Morfologia, Absorção de Água e Propriedades Mecânicas de Filmes de Alginato de Sódio. *Química Nova*, vol. 30, no. 4, Aug. 2007, doi:10.1590/S0100-40422007000400014.

LÓPEZ G., V. A. Difusión y Multiplicación de Maíz Morado Racimo de Uva, En Las Provincias de Chimborazo, Imbabura y Cotopaxi. *Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Núcleo de Desarrollo Tecnológico/Unidad de Desarrollo Tecnológico Cotopaxi, 2016*, 2016, pp. 1–14.

LÓPEZ, O. V., et al. Physicochemical Characterization of Chemically Modified Corn Starches Related to Rheological Behavior, Retrogradation and Film Forming Capacity. *Journal of Food Engineering*, vol. 100, no. 1, Sept. 2010, pp. 160–68, doi:10.1016/j.jfoodeng.2010.03.041.

MALI, S., et al. Barrier, Mechanical and Optical Properties of Plasticized Yam Starch Films. *Carbohydrate Polymers*, vol. 56, no. 2, June 2004, pp. 129–35, doi:10.1016/j.carbpol.2004.01.004.

MANO, J. F., et al. Thermal Properties of Thermoplastic Starch/Synthetic Polymer Blends with Potential Biomedical Applicability. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, vol. 14, 2003, pp. 127–35.

MANZANO N., P. A. *Extracción de Antocianinas a Partir de Coronta de Maíz Morado (Zea Mays L.) Para El Aprovechamiento de Residuos Agrícolas.* [en línea], UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2016, Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24479/1/BQ_105.pdf.

MARK, A. M., and MEHLTRETTER, C. L. Facile Preparation of Starch Triacetates. *Starch–Stärke*, 1972, pp. 73–76.

MATIGNON, A., and TECANTE, A. Starch Retrogradation: From Starch Components to Cereal Products. *Food Hydrocolloids*, 2017, pp. 43–50.

MAZA, J. E., et al. Obtención de Almidón de Maíz Chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*). *Ciencias Técnicas y Aplicadas*, vol. 7, no. 3, 2021, pp. 943–58, doi:10.23857/dc.v7i3.2032.

MEDINA V., O. J., et al. MODIFIED ARRACACHA STARCH FILMS CHARACTERIZATION AND ITS POTENTIAL UTILIZATION AS FOOD PACKAGING. [en línea], *REVISTA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA FARMACEUTICA*, vol. 19, no. 2, 2012, pp. 186–96, Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v19n2/v19n2a5.pdf>.

MELO, V., and CUAMATZI, O. *BIOQUÍMICA DE LOS PROCESOS METÁBOLICOS*. 2019.

METTLER, T. *Método de Determinación de La Humedad Para Almidón (Maíz) Con El Analizador Halógeno de Humedad HR83.* [en línea], 2020, Disponible en: https://www.mt.com/mt_ext_files/Editorial/Generic/6/Starch_Editorial-Generic_1112878454980_files/Applikationsdatenblatt_StaerkeMais-d_ES.pdf.

MILADINOV, V. D., and HANNA, M. A. Starch Esterification by Reactive Extrusion. *Industrial Crops and Products*, 2000, pp. 51–56.

MIRMOGHTADAIE, L., et al. Effects of Cross-Linking and Acetylation on Oat Starch Properties. *Food Chemistry*, vol. 116, no. 3, Oct. 2009, pp. 709–13, doi:10.1016/j.foodchem.2009.03.019.

NOLAZCO C., D., and ARAUJO V. M. OBTENCIÓN DE UN FILTRANTE DE MAIZ MORADO (*Zea Mays L.*), EVALUACIÓN DE PÉRDIDA DE COLOR Y DEGRADACIÓN DE

ANTOCIANINAS EN EL ALMACENAJE. *Anales Científicos*, vol. 76, no. 2, Dec. 2016, p. 350, doi:10.21704/ac.v76i2.801.

NTE, INEN, and 2051:1995. *Granos y Cereales. Maíz Molido, Sémola, Harina, Critz. Requisitos.*

PEDRESCHI, R., and CISNEROS, Z. L. Phenolic Profiles of Andean Purple Corn (*Zea Mays* L.). *Food Chemistry*, vol. 100, no. 3, Jan. 2007, pp. 956–63, doi:10.1016/j.foodchem.2005.11.004.

PEINADO D., M. *ESTUDIO DE LA BIODEGRADABILIDAD Y DESINTEGRACIÓN DE PELÍCULAS A BASE DE ALMIDÓN Y PVA QUE INCORPORAN DIFERENTES SUSTANCIAS ANTIMICROBIANAS.* [en línea], UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA, 2015, Disponible en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56383/ PEINADO ESTUDIO DE LA BIODEGRADABILIDAD Y GRADO DE DESINTEGRACIÓN DE FILMS A BASE DE ALMIDON Y P....pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56383/PEINADO_ESTUDIO_DE_LA_BIODEGRADABILIDAD_Y_GRADO_DE_DESINTEGRACIÓN_DE_FILMS_A_BASE_DE_ALMIDON_Y_P....pdf?sequence=1).

PORRAS N., D. P., and ARANA, N. B. EVALUATION OF PHYSICAL PROPERTIES OF THERMOPRESSING BIOPLASTICS MADE FROM CASSAVA FLOUR. [en línea], *Bioteconología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 12, no. 2, 2014, pp. 40–48, Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a05.pdf>.

PRIETO M, J., et al. Acetilación y Caracterización Del Almidón de Cebada. [en línea], *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, vol. 6, 2010, p. 33, Disponible en: <http://200.23.187.21/index.php/rlrn/article/view/181/117>.

RACHED, L. B., et al. Evaluación de Las Propiedades Fisicoquímicas y Funcionales de Almidones de Mapuey Blanco y Morado (*Dioscorea Trífida* L.) Modificados Por Acetilación y Oxidación. *Revista de La Facultad de Farmacia*, vol. 76, no. 1, 2014, pp. 84–95.

RINCÓN, A. M., et al. Efecto de La Acetilación y Oxidación Sobre Algunas Propiedades Del Almidón de Semillas de Fruto de Pan (*Artocarpus Altilis*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 2007, pp. 287–94.

RINCÓN, A. M., et al. Efecto de La Acetilación y Oxidación Sobre Algunas Propiedades Del Almidón de Semillas de Fruto de Pan (*Artocarpus Altilis*). [en línea], *RINCON*, vol. 57, no. 3, 2007, pp. 287–94, Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-

06222007000300012.

SALINAS M., Y., et al. Cambios Físico-Químicos Del Almidon Durante La Nixtamalización Del Maíz En Variedades Con Diferente Dureza de Grano. [en línea], *SCIELO*, vol. 53, no. 2, 2003, pp. 188–93, Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222003000200011.

SÁNCHEZ T., et al. Guía Técnica Para Producción y Análisis de Almidón de Yuca. [en línea], *BOLETÍN DE SERVICIOS AGRÍCOLAS DE LA FAO*, 2007, pp. 66–76, Disponible en: <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>.

SINGH, J., et al. Factors Influencing the Physico-Chemical, Morphological, Thermal and Rheological Properties of Some Chemically Modified Starches for Food Applications—A Review. *Food Hydrocolloids*, vol. 21, no. 1, Jan. 2007, pp. 1–22, doi:10.1016/j.foodhyd.2006.02.006.

SINGH, N., et al. Structural, Thermal and Viscoelastic Characteristics of Starches Separated from Normal, Sugary and Waxy Maize. *Food Hydrocolloids*, vol. 20, no. 6, Aug. 2006, pp. 923–35, doi:10.1016/j.foodhyd.2005.09.009.

SÍVOLI, L., and PÉREZ, E. Características Físicoquímicas y Funcionales Del Almidón de Maíz Modificado Químicamente. Formación de Enlaces Cruzados. [en línea], *Tecnol. Aliment. (Mex)*, vol. 31, no. 1, 2014, pp. 5–9, Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/230802490_Caracteristicas_Fisicoquimicas_y_Funcionales_del_Amidon_de_Maiz_Modificado_Quimicamente_Formacion_de_Enlaces_Cruzados.

SODHI, N. S., and SINGH, N. “Characteristics of Acetylated Starches Prepared Using Starches Separated from Different Rice Cultivars.” *Journal of Food Engineering*, vol. 70, no. 1, Sept. 2005, pp. 117–27, doi:10.1016/j.jfoodeng.2004.09.018.

SONG, J. H., et al. Biodegradable and Compostable Alternatives to Conventional Plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 364, no. 1526, July 2009, pp. 2127–39, doi:10.1098/rstb.2008.0289.

SOTO, D., and OLIVA, H. MÉTODOS PARA PREPARAR HIDROGELES QUÍMICOS Y FÍSICOS BASADOS EN ALMIDÓN: UNA REVISIÓN. [en línea], *Rev. LatinAm. Metal. Mat.*, 2011, pp. 154–55, Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Haydee->

Oliva/publication/262478738_Metodos_para_preparar_hidrogeles_quimicos_y_fisicos_basados_en_almidon_Una_revision/links/5c1ac584a6fdccfc705ac795/Metodos-para-preparar-hidrogeles-quimicos-y-fisicos-basados-en-almid.

SULBARÁN, A., et al. Acetilación Del Almidón de Millo (*Pennisetum Glaucum*) y Evaluación de Su Aplicación Como Posible Excipiente. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, vol. 47, no. 2, May 2018, pp. 255–76, doi:10.15446/rcciquifa.v47n2.73969.

SULBARAN R., A. E. *Acetilación Del Almidón de Millo y Evaluación de Su Aplicación Como Posible Auxiliar Farmacéutico*. [en línea], Universidad Nacional de Colombia, 2013, Disponible en:<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/20459/192577.20131216.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

TEIXEIRA C, B. E., and ANDRADE, T. C. Natural Polymers Used in Edible Food Packaging—History, Function and Application Trends as a Sustainable Alternative to Synthetic Plastic. *Polysaccharides*, vol. 3, no. 1, Dec. 2021, pp. 32–58, doi:10.3390/polysaccharides3010002.

TETLOW, I. J. Recent Developments in Understanding the Regulation of Starch Metabolism in Higher Plants. *Journal of Experimental Botany*, vol. 55, no. 406, Sept. 2004, pp. 2131–45, doi:10.1093/jxb/erh248.

THARANATHAN, R. N. Starch — Value Addition by Modification. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 45, no. 5, July 2005, pp. 371–84, doi:10.1080/10408390590967702.

TOKIWA, Y., et al. Biodegradability of Plastics. *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 10, no. 9, Aug. 2009, pp. 3722–42, doi:10.3390/ijms10093722.

TOVAR B., T. *Caracterización Morfológica y Térmica Del Almidón de Maíz (Zea Mays L) Obtenido Por Diferentes Métodos de Aislamiento*. [en línea], UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO, 2008, Disponible en:https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24479/1/BQ_105.pdf.

TRUJILLO R., C. T. *Obtención de Películas Biodegradables a Partir de Almidón de Yuca (Manihot Esculenta Crantz) Doblemente Modificado Para Uso En Empaque de Alimentos*. [en línea], UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS, 2014, Disponible en:
<https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14070/65/004-2-1->

013.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

TUPA V., M. V. *MODIFICACIÓN ORGANOCATALÍTICA DE ALMIDÓN PARA LA OBTENCIÓN SOSTENIBLE DE DERIVADOS DE ALTO VALOR AGREGADO.* [en línea], Universidad de Buenos Aires, 2019, Disponible en: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/81107/CONICET_Digital_Nro.c9f6a8d7-e72b-43a7-8fe9-aa27a87b20c7_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

URQUIZO C., E. P., and SALCÁN S., N. J. *EXTRACTO DEL MAÍZ MORADO COMO INDICADOR QUÍMICO.* [en línea], *CHAKIÑAN*, 2019, pp. 47–48, Disponible en: [http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6967/1/335-Texto del artículo-836-2-10-20200706.pdf](http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6967/1/335-Texto%20del%20artículo-836-2-10-20200706.pdf).

VARGAS G., Y., et al. *Potencial de Biomasa En América Del Sur Para La Producción de Bioplásticos. Una Revisión.* [en línea], *Revista Politécnica*, vol. 48, no. 2, 2021, pp. 7–20, Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rpolit/v48n2/2477-8990-rpolit-48-02-7.pdf>.

WANG, S., and COPELAND, L. *Effect of Acid Hydrolysis on Starch Structure and Functionality: A Review.”* *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 55, no. 8, July 2015, pp. 1081–97, doi:10.1080/10408398.2012.684551.

YANANGÓMEZ, L. V. *Evaluación Del Requerimiento Hídrico Del Cultivo de Maíz Morado (Zea Mays l .) En La Parroquia Malacatos Sector San José.* [en línea], *Universidad Nacional de Loja*, 2018, Disponible en: [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21176/1/LUIS VICENTE YANANGÓMEZ AGILA.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21176/1/LUIS%20VICENTE%20YANANGÓMEZ%20AGILA.pdf).



ANEXOS

ANEXO A

PESADO DE MATERIA PRIMA Y EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN NATIVO.

a)



b)



c)



d)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Milton Gustavo Paredes Velasco </p>	<p align="center"> OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ MORADO (<i>Zea mays L.</i>) ACETILADO PARA EL RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS. </p>		
a) Peso de la materia prima utilizado. b) Licuado de la materia prima y filtrado. c) Extracción de almidón maíz morado. d) Secado de almidón de maíz morado de cuatro tratamientos.	Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2022/12/19

ANEXO B
OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO

e)



f)



g)



h)



i)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p align="center">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Milton Gustavo Paredes Velasco</p>	<p align="center">OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ MORADO (<i>Zea mays L.</i>) ACETILADO PARA EL RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS.</p>		
e) Peso de almidón nativo. f) Adición de 150 mL de agua destilada. g) Adición gota a gota de hidróxido de sodio 40%. h) Primera medición de pH. i) Segunda medición de pH (agregado HCl y anhídrido acético).	Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>				
		2 1:1 2022/12/19			

ANEXO C

ALMIDÓN ACETILADO DE MAÍZ MORADO (*ZEА MAYS L.*)

j)



k)



l)



m)



n)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Milton Gustavo Paredes Velasco </p>	<p align="center"> OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ MORADO (<i>Zea mays L.</i>) ACETILADO PARA EL RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS. </p>		
j) Centrifugación de la mezcla. k) Separación de la mezcla para obtener almidón acetilado. l) Adición gota a gota de hidróxido de sodio 40%. m) Tamizado de almidón acetilado. n) Almidón acetilado.	Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>		<p align="center">LÁMINA</p>	<p align="center">ESCALA</p>	<p align="center">FECHA</p>
			<p align="center">3</p>	<p align="center">1:1</p>	<p align="center">2022/12/19</p>

ANEXO D

PRUEBAS DE CENIZA DE ALMIDÓN NATIVO Y ACETILADO.

o)



p)



q)



r)



s)



NOTAS:

- o) Peso de capsula.
- p) Peso de capsula y almidón.
- q) Ingreso de crisol en mufla por 24 horas.
- r) Muestras de cenizas.
- s) Peso final de la muestra.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

- Aprobado
- Preliminar
- Certificado
- Por aprobar
- Información
- Por Calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 ELABORADO POR:
 Milton Gustavo Paredes Velasco

OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ MORADO (*Zea mays L.*) ACETILADO PARA EL RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS.

LÁMINA

ESCALA

FECHA

4

1:1

2022/12/19

ANEXO E

PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS DE ALMIDÓN NATIVO Y ACETILADO.

t)



u)



v)



w)



x)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Milton Gustavo Paredes Velasco	OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ MORADO (<i>Zea mays L.</i>) ACETILADO PARA EL RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS.		
t) Peso final de Humedad.	Aprobado <input type="checkbox"/>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
u) Determinación de viscosidad.	Preliminar <input type="checkbox"/>		5	1:1	2022/12/19
v) Prueba de solubilidad (varias muestras).	Certificado <input type="checkbox"/>				
w) pH	Por aprobar <input type="checkbox"/>				
x) Temperatura de gelatinización.	Información <input type="checkbox"/>				
	Por Calificar <input type="checkbox"/>				

ANEXO F

ANÁLISIS PROXIMAL DE ALMIDÓN ACETILADO DE MAÍZ MORADO (*ZEAMAYS L.*).

y)



z)



aa)



bb)



cc)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Milton Gustavo Paredes Velasco	OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ MORADO (<i>Zea mays L.</i>) ACETILADO PARA EL RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS.		
y) Determinación de humedad en termobalanza.	Aprobado <input type="checkbox"/>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
z) Prueba de viscosidad.	Preliminar <input type="checkbox"/>		6	1:1	2022/12/19
aa) Peso de prueba de solubilidad.	Certificado <input type="checkbox"/>				
bb) pH	Por aprobar <input type="checkbox"/>				
cc) Temperatura de gelatinización.	Información <input type="checkbox"/>				
	Por Calificar <input type="checkbox"/>				

ANEXO G
GRADO DE SUSTITUCIÓN.

dd)



ee)



ff)



gg)



hh)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p align="center">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Milton Gustavo Paredes Velasco</p>	<p align="center">OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ MORADO (<i>Zea mays L.</i>) ACETILADO PARA EL RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS.</p>		
dd) Muestras de almidón nativo y acetilado.	Aprobado <input type="checkbox"/>				
ee) Gotas de fenolftaleína en la solución.	Preliminar <input type="checkbox"/>		7	1:1	2022/12/19
ff) Titulación con hidróxido de sodio.	Certificado <input type="checkbox"/>				
gg) Mezcla de la solución por varios minutos.	Por aprobar <input type="checkbox"/>				
hh) Resultado final de las pruebas.	Información <input type="checkbox"/>				
	Por Calificar <input type="checkbox"/>				

ANEXO H
FORMULACIÓN DE LA BIOPELÍCULA.

ii)



jj)



kk)



ll)



mm)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Milton Gustavo Paredes Velasco	OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ MORADO (<i>Zea mays L.</i>) ACETILADO PARA EL RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS.		
ii) Peso de almidón acetilado.	Aprobado <input type="checkbox"/>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
jj) Obtención de la mezcla para la biopelícula.	Preliminar <input type="checkbox"/>		8	1:1	2022/12/19
kk) Colocación de la mezcla en molde.	Certificado <input type="checkbox"/>				
ll) Secado de la biopelícula.	Por aprobar <input type="checkbox"/>				
mm) Biopelículas en diferente molde.	Información <input type="checkbox"/>				
	Por Calificar <input type="checkbox"/>				

ANEXO I
CARACTERIZACIÓN DE LA BIOPELÍCULA.

nn)



oo)



pp)



qq)



rr)



NOTAS:

- nn) Resultados de la prueba de humedad.
- oo) Obtención de la mezcla para la biopelícula.
- pp) Prueba de permeabilidad.
- qq) Degradabilidad en agua.
- rr) Degradabilidad en tierra y aire.

CATEGORÍA DEL

DIAGRAMA

- Aprobado
- Preliminar
- Certificado
- Por aprobar
- Información
- Por Calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

ELABORADO POR:
Milton Gustavo Paredes Velasco

**OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE
ALMIDÓN DE MAÍZ MORADO (*Zea mays L.*)
ACETILADO PARA EL RECUBRIMIENTO DE
ALIMENTOS.**

LÁMINA

ESCALA

FECHA

9

1:1

2022/12/19

ANEXO J

PRUEBAS MECÁNICAS DE LA BIOPELÍCULA.

ss)



tt)



uu)



vv)



ww)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Milton Gustavo Paredes Velasco	OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ MORADO (<i>Zea mays L.</i>) ACETILADO PARA EL RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS.		
ss) Ensayo de tracción de la biopelícula modificada.	Aprobado <input type="checkbox"/>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
tt) Momento de ruptura de la biopelícula modificada.	Preliminar <input type="checkbox"/>		10	1:1	2022/12/19
uu) Ensayo de tracción de biopelícula sin modificar.	Certificado <input type="checkbox"/>				
vv) Ruptura de biopelícula sin modificar.	Por aprobar <input type="checkbox"/>				
ww) Ruptura de biopelículas modificadas.	Información <input type="checkbox"/>				
	Por Calificar <input type="checkbox"/>				

ANEXO K

APLICACIÓN DE LA BIOPELÍCULA MODIFICADA.

xx)



yy)

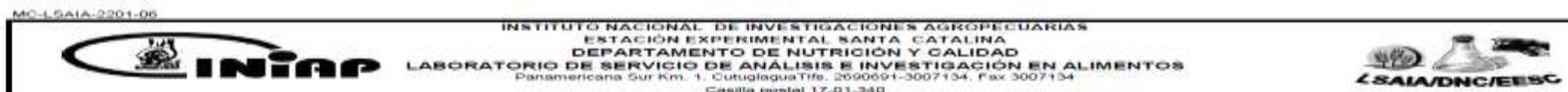


zz)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Milton Gustavo Paredes Velasco	OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ MORADO (<i>Zea mays L.</i>) ACETILADO PARA EL RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS.		
xx) Recubrimiento de la fruta con la biopelícula.	Aprobado <input type="checkbox"/>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
yy) Fruta después de 3 días recubierta con la biopelícula.	Preliminar <input type="checkbox"/>		11	1:1	2022/12/19
zz) Fruta después de 7 días recubierta con la biopelícula.	Certificado <input type="checkbox"/>				
	Por aprobar <input type="checkbox"/>				
	Información <input type="checkbox"/>				
	Por Calificar <input type="checkbox"/>				

ANEXO L
CONTENIDO DE AMILOSA INIAP.



INFORME DE ENSAYO No: 22-071

**NOMBRE PETICIONARIO:	Sr. Milton Gustavo Paredes Velasco	**INSTITUCIÓN:	Particular
**DIRECCIÓN:	Riobamba	**ATENCIÓN:	Sr. Milton Gustavo Paredes Velasco
FECHA DE EMISIÓN:	06/07/2022	FECHA DE RECEPCIÓN:	09/05/2021
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 13 de junio al 06 de julio del 2022	HORA DE RECEPCIÓN:	13h42
		ANÁLISIS SOLICITADO:	Amilosa

ANÁLISIS MÉTODO	HUMEDAD MO-LSAIA-01.01	AMILOSA ⁰ MO-LSAIA-04	**IDENTIFICACIÓN
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1993	
UNIDAD	%	%	
22-0404	10,63	16,49	Materia Prima maíz morado
22-0405	6,43	27,08	Almidón nativo maíz morado
22-0406	6,48	29,37	Almidón acetilado maíz morado

Los ensayos marcados con 0 se reportan en base seca.
OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente



Dr. MSc. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO

RESPONSABLES DEL INFORME



Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este es estrictamente prohibida. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. La información entregada por el cliente y generada durante las actividades de laboratorio es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo puede ser usada por este. Los datos marcados con ** son suministrados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza por esta información.

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Milton Gustavo Paredes Velasco	OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ MORADO (<i>Zea mays L.</i>) ACETILADO PARA EL RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS.
aaa) Recubrimiento de la fruta con la biopelícula.	Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>		
		LÁMINA	ESCALA
		12	1:1
			FECHA
			2022/12/19

ANEXO M

ANÁLISIS DE FIBRA Y PROTEÍNA DE MATERIA PRIMA



INFORME DE ANÁLISIS

CLIENTE: Sr. Milton Paredes
UBICACION: Riobamba
TIPO DE MUESTRA: Maíz morado Nativo (<i>Zea mays L.</i>) (Materia prima)
FECHA DE ENTREGA: 09 de junio del 2022

Examen Químico

Determinaciones	Unidades	Método de análisis	Resultados
Proteína	UFC/g	Digestión Ácido-Base escroKjeldhal	7.71
Fibra	UFC/g	Digestión Ácido-Base Gravimétrico	2.36

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid Q
Contactanos: 0998580374 @ 032 942 322
Saqmie Laboratorio
Riobamba - Ecuador

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Milton Gustavo Paredes Velasco	OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ MORADO (<i>Zea mays L.</i>) ACETILADO PARA EL RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS.		
	<input type="radio"/> Aprobado <input type="radio"/> Preliminar <input type="radio"/> Certificado <input type="radio"/> Por aprobar <input type="radio"/> Información <input type="radio"/> Por Calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
bbb) Informe de análisis de fibra y proteína de materia prima (Maíz morado)			13	1:1	2022/12/19

ANEXO N

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE MATERIA PRIMA



saqmie

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS BACTEREOLÓGICOS

CLIENTE: Sr. Milton Paredes
UBICACION: Riobamba
TIPO DE MUESTRA: Maíz morado Nativo (<i>Zea mays L.</i>) (Materia prima)
FECHA DE ENTREGA: 09 de junio del 2022

Examen Físico

COLOR: ligeramente violeta
OLOR: inoloro
ASPECTO: Polvo granular, fino, homogéneo

Examen Bacteriológico

Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Método de análisis	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	-	Siembra en masa	Ausencia
Escherichia coli	UFC/g	-	Siembra en masa	Ausencia
Mohos y Levaduras	UFC/g	1000- 5000	Siembra en masa	Ausencia

*Valores de referencia para almidones

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contactános: ☎0998580374 📞032 942 322
Saqmie Laboratorio
Riobamba - Ecuador

saqmie

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Milton Gustavo Paredes Velasco	OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ MORADO (<i>Zea mays L.</i>) ACETILADO PARA EL RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS.						
ccc) Análisis coliformes, Mohos y Levaduras.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aprobado ○ Preliminar ○ Certificado ○ Por aprobar ○ Información ○ Por Calificar 		<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">14</td> <td style="text-align: center;">1:1</td> <td style="text-align: center;">2022/12/19</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	14	1:1	2022/12/19
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
14	1:1	2022/12/19							

ANEXO O

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE ALMIDÓN NATIVO



INFORME DE ANÁLISIS BACTEREOLÓGICOS

CLIENTE: Sr. Milton Paredes
UBICACION: Riobamba
TIPO DE MUESTRA: Almidón de maíz morado Nativo (Zea mays L.)
FECHA DE ENTREGA: 09 de junio del 2022.

Examen Fisico

COLOR: ligeramente violeta
OLOR: Inolora
ASPECTO: Polvo granular, fino, homogéneo

Examen Bacteriológico

Determinaciones	Unidades	Valores de referencia	Método de análisis	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	-	Siembra en masa	Ausencia
Escherichia coli	UFC/g	-	Siembra en masa	Ausencia
Mohos y Levaduras	UFC/g	1000- 5000	Siembra en masa	30

*Valores de referencia para almidones

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
 Contactar: 0996580374 / 032 942 322
 Ságmic Laboratorio
 Riobamba - Ecuador

ságmic

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Milton Gustavo Paredes Velasco	OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ MORADO (Zea mays L.) ACETILADO PARA EL RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS.		
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aprobado ○ Preliminar ○ Certificado ○ Por aprobar ○ Información ○ Por Calificar 		LÁMINA	ESCALA	FECHA
ddd) Análisis coliformes, Mohos y Levaduras de almidón nativo.			15	1:1	2022/12/19

ANEXO P

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE ALMIDÓN ACETILADO



INFORME DE ANÁLISIS BACTEREOLÓGICOS:

CLIENTE: Sr. Milton Paredes
UBICACION: Riobamba
TIPO DE MUESTRA: Almidón de maíz morado Acetilado (Zea mays L.)
FECHA DE ENTREGA: 09 de junio del 2022

Examen Físico

COLOR: Blanquecino con leve tinte violeta
OLOR: Inodoro
ASPECTO: Polvo granular, fino, homogéneo

Examen Bacteriológico

Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Método de análisis	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	-	Siembra en masa	Ausencia
Escherichia coli	UFC/g	-	Siembra en masa	Ausencia
Mohos y Levaduras	UFC/g	1000-5000	Siembra en masa	Ausencia

*Valores de referencia para almidones

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Alvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contactar: 0998580374 @ 032 942 322
Saqmie Laboratorio
Riobamba - Ecuador



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Milton Gustavo Paredes Velasco	OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ MORADO (Zea mays L.) ACETILADO PARA EL RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS.		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
eee) Análisis coliformes, Mohos y Levaduras de almidón acetilado.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aprobado ○ Preliminar ○ Certificado ○ Por aprobar ○ Información ○ Por ○ Calificar 		16	1:1	2022/12/19



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 01 / 02 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: MILTON GUSTAVO PAREDES VELASCO
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniero Químico
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

0130-DBRA-UPT-2023