



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE SALVADO DE TRIGO (*Triticum spp*) Y SOJA (*Glycine max*) PARA USO COMO ENVOLTURA DE ALIMENTOS

Trabajo de Titulación

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar por el grado académico de:

BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

AUTOR: KEVIN DAVID CHIFLA BARRAQUEL

DIRECTORA: Ing. VIOLETA MARICELA DALGO FLORES MSc.

Riobamba – Ecuador

2022


© 2022, Kevin David Chifla Barraquel

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, KEVIN DAVID CHIFLA BARRAQUEL, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor 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, 24 de marzo del 2022

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a hand-drawn oval. The signature appears to read "Kevin David Chifla Barraquel".

Kevin David Chifla Barraquel

1850477272

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Trabajo experimental, **OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE SALVADODE TRIGO (*Triticum spp*) Y SOJA (*Glycine max*) PARA USO COMO ENVOLTURA DE ALIMENTOS**, realizado por el señor: **KEVIN DAVID CHIFLA BARRAQUEL**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Julio César Idrovo Novillo PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**JULIO CESAR
IDROVO
NOVILLO**

2022-03-24

Ing. Violeta Maricela Dalgo Flores MSc.
**DIRECTORA DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**



Firmado electrónicamente por:
**VIOLETA
MARICELA DALGO
FLORES**

2022-03-24

BQ. Mishell Carolina Moreno Samaniego MSc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**MISHEL CAROLINA
MORENO SAMANIEGO**

2022-03-24

DEDICATORIA

El presente trabajo de integración curricular se lo dedico a mi madre Liliana Barraquel y mi padre Segundo Chifla quienes son ejemplo de esfuerzo y constancia que a través de este camino Universitario han sido el pilar fundamental y me han guiado con valentía y paciencia para culminar mi carrera. A mis hermanos Alexis, Robinson y Yadira por haber sido una guía en mi vida para cumplir mis metas propuestas y haberme apoyado a lo largo de mi camino. A mi tutora del presente trabajo por haberme guiado en el cumplimiento de esta investigación y a la ESPOCH que me ha formado profesionalmente.

Kevin

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por haberme brindado el apoyo necesario para culminar una etapa profesional en mi vida, a mis hermanos quienes formaron una parte importante en este trayecto. Mi más sincero agradecimiento a la Ing. Violeta Dalgo y Bqf. Jhon Quispillo por el asesoramiento y consejos necesarios para culminar el presente trabajo de integración curricular. Agradezco a la ESPOCH templo en el cual me formé profesionalmente y a mis profesores que gracias a sus enseñanzas estoy cumpliendo uno de mis objetivos.

Kevin

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO	3
1.1. Trigo	3
1.1.1. <i>Salvado de trigo</i>	3
1.2. Soja	4
1.3. Polímeros	6
1.3.1. <i>Almidón</i>	6
1.3.1.1. <i>Características del almidón</i>	6
1.3.1.2. <i>Extracción del almidón</i>	7
1.4. Biopolímeros	7
1.4.1. <i>Aditivos para la formulación del bioplástico</i>	8
1.4.1.1. <i>Plastificantes</i>	8
1.4.1.2. <i>Agentes acoplantes</i>	8
1.4.1.3. <i>Vehículo</i>	8
1.4.2. <i>Características de los biopolímeros o bioplásticos</i>	8
1.4.2.1. <i>Biodegradabilidad</i>	9

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO	10
2.1. Lugar de realización	10
2.2. Tipo de investigación	10

2.3.	Diseño experimental	10
2.4.	Planteamiento de hipótesis	10
2.5.	Población de estudio	11
2.6.	Tamaño de muestra	11
2.7.	Método de muestreo	11
2.7.1.	<i>Criterios de inclusión</i>	11
2.7.2.	<i>Criterios de exclusión</i>	11
2.8.	Materiales reactivos y equipos	12
2.8.1.	<i>Materia Prima</i>	12
2.8.2.	<i>Materiales</i>	12
2.8.3.	<i>Reactivos</i>	13
2.8.4.	<i>Equipos</i>	13
2.9.	Metodología para la recolección de datos	14
2.9.1.	<i>Extracción del almidón de soya y salvado de trigo</i>	14
2.9.2.	<i>Análisis proximal del almidón de soya y salvado de trigo</i>	15
2.9.2.1.	<i>Determinación de Humedad</i>	15
2.9.2.2.	<i>Determinación de cenizas</i>	16
2.9.2.3.	<i>Determinación de Grasa</i>	16
2.9.2.4.	<i>Determinación de fibra</i>	17
2.9.2.5.	<i>Determinación de Proteína</i>	17
2.9.3.	<i>Caracterización del almidón de soya y salvado de trigo</i>	18
2.9.3.1.	<i>Determinación de amilosa</i>	18
2.9.3.2.	<i>Determinación de amilopectina</i>	18
2.9.3.3.	<i>Determinación de pH</i>	19
2.9.3.4.	<i>Temperatura de gelatinización</i>	19
2.9.3.5.	<i>Determinación de viscosidad</i>	19
2.9.3.6.	<i>Determinación del Índice de solubilidad</i>	19
2.9.4.	<i>Análisis microbiológico del almidón</i>	20
2.9.4.1.	<i>Determinación de aerobios mesófilos</i>	20
2.9.4.2.	<i>Determinación de Hongos y levaduras</i>	20
2.9.4.3.	<i>Determinación de coliformes</i>	21
2.9.5.	<i>Formulación y elaboración del bioplástico</i>	21

2.9.5.1.	<i>Proceso de elaboración general del bioplástico</i>	22
2.9.6.	Caracterización del bioplástico	23
2.9.6.1.	<i>Caracterización física del bioplástico</i>	23
2.9.6.2	<i>Humedad</i>	23
2.9.6.3.	<i>Permeabilidad al vapor de agua</i>	23
2.9.6.4.	<i>Solubilidad</i>	24
2.9.6.5.	<i>Espectroscopia infrarroja</i>	24
2.9.6.6.	<i>Propiedades mecánicas</i>	25
2.9.6.7.	<i>Biodegradabilidad</i>	25
2.9.6.8.	<i>Evaluación del uso como envoltura</i>	25

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	26
3.1.	Extracción de almidón	26
3.1.1.	<i>Análisis de varianza de la extracción del almidón</i>	29
3.2.	Caracterización de los almidones	30
3.2.1.	<i>Análisis sensorial de los almidones</i>	30
3.2.2.	<i>Análisis microbiológico de los almidones</i>	31
3.2.3.	<i>Análisis proximal de los almidones</i>	31
3.2.4.	<i>Análisis fisicoquímico de los almidones</i>	33
3.3.	Formulación del bioplástico	33
3.3.1.	<i>Formulación de bioplástico a partir del almidón de soya</i>	34
3.3.2.	<i>Formulación de bioplástico a partir del almidón de salvado de trigo</i>	35
3.3.3.	<i>Formulación de bioplástico de la combinación del almidón</i>	36
3.3.3.1.	<i>Formulación optima de almidones combinados</i>	36
3.3.3.2.	<i>Combinación de almidones óptima para la elaboración del bioplástico</i>	37
3.4.	Datos obtenidos de los bioplásticos	37
3.4.1.	<i>Resultados de las características físicas de los bioplásticos</i>	38
3.4.2.	<i>Caracterización fisicoquímica del bioplástico</i>	42
3.4.2.1.	<i>Porcentaje de humedad</i>	42
3.4.2.2.	<i>Solubilidad</i>	44
3.4.2.3.	<i>Permeabilidad al vapor de agua</i>	46

3.4.3.	<i>Propiedades mecánicas del bioplástico de la combinación de almidones</i>	47
3.4.4.	<i>Análisis de espectroscopia infrarroja</i>	49
3.4.5.	<i>Biodegradabilidad</i>	49
3.4.5.1.	<i>Biodegradabilidad en agua y tierra</i>	49
3.4.5.2.	<i>Biodegradabilidad al ambiente</i>	50
3.4.6.	<i>Análisis microbiológico del bioplástico</i>	51
3.4.7.	<i>Evaluación del uso como envoltura de alimentos</i>	52
3.5.	Prueba de hipótesis	54
3.5.1.	<i>Hipótesis 1</i>	54
3.5.2.	<i>Hipótesis 2</i>	54
3.5.3.	<i>Hipótesis 3</i>	54
	CONCLUACIONES	56
	RECOMENDACIONES	57
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Taxonomía y morfología del Trigo	3
Tabla 2-1:	Composición del salvado de trigo por cada 100g	4
Tabla 3-1:	Taxonomía y morfología de la soja	5
Tabla 4-1:	Composición de la soja por cada 100g	5
Tabla 1-2:	Esquema del diseño experimental 2 ² para la extracción del almidón	14
Tabla 2-2:	Matriz del diseño experimental 2 ² para la extracción de almidón	14
Tabla 3-2:	Esquema general de la elaboración del bioplástico	22
Tabla 4-2:	Matriz para la elaboración del bioplástico en base al esquema general	22
Tabla 1-3:	Rendimiento de extracción del almidón de salvado de trigo	26
Tabla 2-3:	Rendimiento de extracción del almidón de soja	27
Tabla 3-3:	Análisis de varianza del rendimiento de extracción del almidón salvado de trigo	29
Tabla 4-3:	Análisis de varianza del rendimiento de extracción del almidón de soja	29
Tabla 5-3:	Análisis sensorial de los almidones	30
Tabla 6-3:	Análisis microbiológico del almidón de soja y salvado de trigo	31
Tabla 7-3:	Análisis proximal del almidón de soja y salvado de trigo	32
Tabla 8-3:	Caracterización del almidón de soja y salvado de trigo	33
Tabla 9-3:	Formulación para determinar la concentración de variables y constantes	34
Tabla 10-3:	Formulación en base a la tabla anterior	34
Tabla 11-3:	Formulación óptima del bioplástico de almidón de soja aplicado el diseño 2 ²	35
Tabla 12-3:	Formulación para determinar la concentración de variables y constantes	35
Tabla 13-3:	Formulación del bioplástico de almidón de salvado de trigo con diseño 2 ²	36
Tabla 14-3:	Formulación del bioplástico mezcla de almidón y salvado con diseño 2 ²	36
Tabla 15-3:	Combinación de almidón de soja y de salvado de trigo para el bioplástico	37
Tabla 16-3:	Características físicas del bioplástico de soja secado a 21 °C por 48 horas	38
Tabla 17-3:	Características físicas del bioplástico de salvado secado a 21 °C por 72 horas	39
Tabla 18-3:	Características físicas del bioplástico de la mezcla secado a 21°C por 48 horas	40
Tabla 19-3:	Porcentaje de humedad de los bioplásticos	42
Tabla 20-3:	Solubilidad de los bioplásticos	43
Tabla 21-3:	Análisis de varianza de la solubilidad de las biopelículas	44
Tabla 22-3:	Permeabilidad al vapor de agua (WVP) en 6 horas	45
Tabla 23-3:	Análisis de varianza de la permeabilidad al vapor de agua de las biopelículas	45
Tabla 24-3:	Pruebas mecánicas	47
Tabla 25-3:	Biodegradabilidad en agua y tierra	49

Tabla 26-3: Biodegradabilidad al ambiente	50
Tabla 27-3: Análisis microbiológico del bioplástico	51
Tabla 28-3: Evaluación del uso del bioplástico como envoltura al ambiente a 21 °C	51
Tabla 29-3: Evaluación del uso del bioplástico como envoltura en refrigeración a 3 °C.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3: Bioplástico de almidón de soya.....	37
Figura 2-3: Bioplástico de almidón de salvado de trigo.....	37
Figura 3-3: Bioplástico de la combinación de los almidones	38
Figura 4-3: Crecimiento de moho en los bioplásticos.....	50

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Promedio del rendimiento de extracción del almidón de salvado de trigo	27
Gráfico 2-3:	Promedio del rendimiento de extracción del almidón de soya	28
Gráfico 3-3:	Espesor de los tratamientos del bioplástico de la combinación de almidones..	41
Gráfico 4-3:	Promedio de las Humedades de las biopelículas.....	42
Gráfico 5-3:	Promedio de las solubilidades de las biopelículas.....	41
Gráfico 6-3:	Promedio de la transmisión al vapor de agua.....	28
Gráfico 7-3:	Espectro Infrarrojo del bioplástico de almidón de soya y salvado de trigo	27

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN
- ANEXO B:** ANÁLISIS DE HUMEDAD Y CENIZAS DEL ALMIDÓN
- ANEXO C:** ANÁLISIS PROXIMAL DEL ALMIDÓN DE SALVADO DE TRIGO
- ANEXO D:** ANÁLISIS PROXIMAL DEL ALMIDÓN DE SOYA
- ANEXO E:** ANÁLISIS DE AMILOSA LABORATORIO EXTERNO
- ANEXO F:** ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL ALMIDÓN
- ANEXO G:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN DE SOYA
- ANEXO H:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN DE SALVADO DE TRIGO
- ANEXO I:** FORMULACIÓN DEL BIOPLÁSTICO
- ANEXO J:** CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS BIOPLÁSTICOS
- ANEXO K:** CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS BIOPLÁSTICOS
- ANEXO L:** PROPIEDADES MECÁNICAS MT1 LABORATORIO EXTERNO
- ANEXO M:** PROPIEDADES MECÁNICAS MT2 LABORATORIO EXTERNO
- ANEXO N:** PROPIEDADES MECÁNICAS MT3 LABORATORIO EXTERNO
- ANEXO O:** PROPIEDADES MECÁNICAS MT4 LABORATORIO EXTERNO
- ANEXO P:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO BIOPLÁSTICO
- ANEXO Q:** EVALUACIÓN DEL USO COMO ENVOLTURA AL AMBIENTE
- ANEXO R:** EVALUACIÓN DEL USO COMO ENVOLTURA EN REFRIGERACIÓN
- ANEXO S:** BIODEGRADABILIDAD DE LOS BIOPLÁSTICOS EN AGUA
- ANEXO T:** BIODEGRADABILIDAD DE LOS BIOPLÁSTICOS EN TIERRA
- ANEXO U:** BIODEGRADABILIDAD DE LOS BIOPLÁSTICOS EN EL AMBIENTE

RESUMEN

El trabajo de integración curricular tiene como objetivo obtener bioplástico a partir de salvado de trigo (*Triticum spp*) y soja (*Glycine max*) para uso como envoltura de alimentos, para lo cual se extrajo almidón de dichos productos mediante decantación natural. El almidón se caracterizó mediante análisis sensorial, proximal, fisicoquímico y microbiológico. Se realizaron formulaciones preliminares para hallar la concentración de aditivos, plastificante y almidón; considerando para estos dos últimos factores concentración alta y baja, obteniendo cuatro formulaciones con el almidón de soja (ST), cuatro para el salvado de trigo (TT) y cuatro de una combinación 70:30 de los dos (MT). Los bioplásticos se caracterizaron físicamente y sólo el bioplástico de la combinación de almidones se analizó mediante ensayo fisicoquímico, índice de refracción, propiedades mecánicas y biodegradabilidad. El rendimiento de almidón de salvado de trigo fue de 4.98% y de soja 1.87%, mediante su caracterización se obtuvieron resultados aceptables. En cuanto a los bioplásticos se determinó que todos los tratamientos cumplen con la NTE INEN 2542 en sus características físicas, mientras que solo el MT4 (tratamiento 4 de la mezcla) tiene mejores características fisicoquímicas con una solubilidad de 7.321% y permeabilidad al vapor de agua de 0.955. Además, el MT4 se biodegrada en 28 días en tierra y 31 días en agua, el mismo tratamiento resulta con una conservación de veinte días en refrigeración como envoltura de frutas, similar a una envoltura común a diferencia de la que no contiene envoltura que solo conserva catorce días. Se concluye que el MT4 es el más adecuado como envoltura de alimentos ya que no presentó crecimiento de microorganismos, además tiene adecuados valores en sus características fisicoquímicas y conservación. Se recomienda el uso de otras materias primas con mayor concentración de almidón que el salvado de trigo y la soja.

Palabras clave: <BIOPLÁSTICO >, <ALMIDÓN DE SALVADO DE TRIGO>, <ALMIDON DE SOYA>, <ADITIVOS>, <PLASTIFICANTE>, <CARACTERISTICAS FISICOQUÍMICAS>, <ENVOLTURA DE ALIMENTOS>, <BIODEGRADABILIDAD>.



ABSTRACT

The main purpose of the research study was to obtain bioplastic from bran wheat (*Triticum spp*) and soy (*Glycine max*) in order to be used as food wrap. For which the starch was extracted from the products by a natural decantation method. The starch was characterized and when through sensory, proximal, physicochemical, and microbiological analysis. Preliminary formulations were made in order to find the concentration of additives, plasticizer, and starch, these last two factors the high and low concentration were considered getting four formulations with soy starch (ST), four for wheat bran (TT), and four of a 70:30 combination of the two (MT). The bioplastics were physically characterized and only the bioplastic of the combination of both starches was analyzed by a physicochemical test, index of refraction, mechanical properties, and biodegradability. The bran starch yield of wheat was 4.98% and the one with soy 1.87%, the results that were obtained are acceptable. Regarding the bioplastics, it was determined that all the treatments comply with the NTE INEN 2542 in their physical characteristics. Therefore, only the MT4 (mixture treatment 4) has better physicochemical characteristics with a solubility of 7.321% and water steam permeability of 0.955. Furthermore, the MT4 biodegrades in 28 days in soil and 31 days in water, the treatment results in a conservation of twenty days in refrigeration to be used as a fruit wrap, unlike the food that does not contain wrapping it only keeps good for fourteen days. It is concluded that the MT4 is the most suitable formulation to be used for food wrapping since it did not present the growth of microorganisms. Also, has adequate values in its physicochemical characteristics and conservation. It is recommended to use other raw materials with a higher concentration of starch than wheat bran and soy.

Keywords: <BIOPLASTIC>, <WHEAT BRAN STARCH>, < SOY STARCH>, <ADDITIVES>, <PLASTICIZER>, < PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS>, <FOOD WRAPPING>, <BIODEGRADABILITY>.



Firmado electrónicamente por:

EVELYN

CAROLINA

MACIAS SILVA

INTRODUCCIÓN

Hoy en día se considera a los plásticos como uno de los productos más utilizados a nivel mundial por poseer gran capacidad de resistencia y maleabilidad, sin embargo, no se biodegradan solo se fragmentan lentamente y a través de ese tiempo se acumulan, causando así un problema ambiental. Este producto al estar compuesto de diferentes aditivos químicos, provoca contaminación directa del aire y agua, e indirectamente de alimentos por su acumulación en el suelo (Buteler, 2019, pp.56-60).

Actualmente en el país no se describe los impactos de los desechos plásticos para el ambiente y la salud, de igual forma se observa que no existe un control y manejo adecuado. Es visible la acumulación de altas cantidades en los suelos, así como en el mar. Según Rojo (2017, p.4), estima que existe 62 millones de elementos flotando sobre todo el Mediterráneo, de los cuales los plásticos pertenecen a enormes concentraciones de dichos elementos situados en el hemisferio norte como el sur de los océanos Atlántico y Pacífico, encontrándose también en el océano Índico. Productos desechados en los suelos pueden entrar en la cadena alimenticia afectando así la salud de personas que entran en contacto con alimentos producidos en suelos contaminados (Libera, 2017, p.3).

Estudios actuales pretenden reducir esta problemática con la generación de biopolímeros degradables como muestra la investigación experimental realizada en el Salvador por la Escuela Especializada en Ingeniería (ITCA) que a partir de almidón de maíz se elaboró un bioplástico (García, 2015, p.7). En un estudio similar publicado en la revista *Saudita Journal of Biological Sciences* en 2020 se sintetizó un bioplástico a base de almidón de cáscara de plátano, maíz y arroz (Shafqat et al., 2020, p.1739). En *Iopscience*, se detalla un estudio de síntesis de un bioplástico a partir del almidón de la cascara de yuca para resolver la problemática ambiental (Maulida et al., 2016, pp.1-2).

Se realizó la investigación de la obtención de biopolímeros que se degradan en compuestos sencillos que no son nocivos, para mitigar la problemática ocasionada por los plásticos comunes. Además, actualmente no se conoce a fondo la viabilidad e importancia que los bioplásticos tienen, por lo tanto, a través de la obtención de estos se pretende demostrar que se puede reemplazar de una manera parcial o total a los plásticos convencionales dañinos.

La síntesis del bioplástico en esta investigación se llevó a cabo a partir de almidón extraído de productos agrícolas del Ecuador como: el salvado de trigo y soja. Con el uso de aditivos como glicerina, ácido acético y una formulación adecuada se elaboró un bioplástico para reemplazar a las envolturas comunes, contribuyendo a la reducción de residuos plásticos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Obtener bioplástico a partir de salvado de trigo (*Triticum spp*) y soja (*Glycine max*) para uso como envoltura de alimentos.

Objetivos específicos

- Caracterizar el almidón extraído del salvado de trigo y soja.
- Diseñar formulaciones óptimas para la obtención de bioplástico con adecuadas propiedades fisicoquímicas y mecánicas.
- Evaluar la biodegradabilidad, parámetros físicos, mecánicos y uso del bioplástico como envoltura de alimentos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Trigo

El trigo (*Triticum spp*) es una leguminosa que ha sido cultivada desde la antigüedad y se asume que se originó entre Asia menor y Afganistan desde donde se extiende a varias partes del mundo por ser una especie de fácil adaptación y por ser de gran consumo, ocupa hoy en día uno de los primeros lugares en ser el cereal mayormente producido y utilizado para la obtención de diferentes productos derivados del trigo, en su composición química posee 79% de carbohidratos, 13% de proteína, 2% de minerales y 3% de fibra y 3% de grasa, lo que le da una gran calidad nutricional (Moreno et al., 2001, pp.55-67).

Tabla 1-1: Taxonomía y morfología del trigo

REINO	Plantae
DIVISIÓN	Tracheophyta
CLASE	Angiospermae
ORDEN	Graminales
FAMILIA	Poaceae
GÉNERO	<i>Triticum</i>
ESPECIE	<i>Spp</i>

Fuente: Moreno et al., 2001.

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

El grano del trigo está formado por varios tejidos entre los cuales del 2% a 3% es el germen, el 81% a 84% del peso total como fuente de energía es el endospermo y el pericarpio conocido como salvado se encuentra entre un 14 y 16% de peso. El endospermo es extraído por molienda para posterior uso en la industria alimentaria, quedando los residuos del germen y pericarpio, este último solo en poca cantidad es destinada al consumo humano como fibra, y lo demás es destinado al consumo animal por ser considerado desecho (Chaquilla et al., 2017).

1.1.1. Salvado de trigo

El salvado de trigo o pericarpio se obtiene de la separación del grano, a pesar de ser conocido como desecho o afrecho de consumo animal contiene fibra, almidón y una cantidad de proteína en mejor calidad en comparación con las de la harina, tras un análisis proximal realizado en un estudio por (Chaquilla, 2017, p.4) la cantidad de almidón en porcentaje peso/peso se encuentra en

10%, proteína 9.9% a 18.6% y el resto de fibra. Además, contiene por cada 100 gramos compuestos bioactivos entre 6.5-9.9g de celulosa, 20.8-33.0g de hemicelulosa ente otros componentes.

Este salvado es utilizado en prácticas no comunes como sustrato, fuente de azúcares fermentables para obtener bioetanol y como base para obtener biopolímeros a nivel industrial (Chaquilla et al., 2017, p.2).

Tabla 2-1: Composición del salvado de trigo por cada 100g

COMPONENTE	UNIDAD	CANTIDAD
Energía	Kcal	216.00
Proteínas	G	15.55
Hidratos de Carbono	G	64.50
Fibra	G	42.80
Vitamina A	Iu	9.00
Vitamina B9	Ug	79.00
Vitamina B5	Mg	2.18
Vitamina B3	Mg	13.60
Vitamina B6	Mg	1.30
Vitamina E	Mg	1.40
Vitamina K	Ug	1.90
Selenio	Mg	77.60
Magnesio	Mg	611.00
Hierro	Mg	10.57
Potasio	Mg	1.18
Zinc	Mg	7.27
Fósforo	Mg	1.01
Calcio	Mg	73.00
Grasa total	G	4.25
Grasa poliinsaturada	G	2.21
Sodio	Mg	2.00

Fuente: Chaquilla, 2017, p.4.

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

1.2. Soja

La soja o soya (*Glycine max*) es una de las leguminosas de ciclo anual que se originó en el norte de China, su semilla está conformada por un embrión a la cual una fina cáscara se encuentra recubriéndola. Según su composición química por cada 100g contiene un aproximado de 36.5g de proteína y unos 20 g de compuestos lipídicos, contiene hidratos de carbono tales como celulosa y hemicelulosa, se compone de un 9% de fibra y 8% de almidón. Su calidad nutricional está dada

por su calidad en nutrientes que son digeribles y asimilables por el organismo; es considerada como la mayor fuente de proteína de las legumbres (Torres y Tovar, 2009, pp.246-254).

Tabla 3-1: Taxonomía y morfología de la soja

REINO	Plantae
DIVISIÓN	Magnoliophyta
CLASE	Magnolipsida
ORDEN	Fabales
FAMILIA	Fabaceae
GÉNERO	<i>Glycine</i>
ESPECIE	<i>Max</i>

Fuente: Martínez, 2011, p.34.

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Tabla 4-1: Composición de la soja por cada 100g

COMPONENTE	UNIDAD	CANTIDAD
Energía	Kcal	422.00
Proteínas	G	36.00
Hidratos de Carbono	G	30.00
Fibra	G	9.00
Vitamina B1	Mg	0.85
Vitamina B2	Mg	0.40
Vitamina B3	mg	5.00
Calcio	Mg	280.00
Fósforo	Mg	580.00
Magnesio	Mg	240.00
Hierro	Mg	8.00
Potasio	Mg	1700.00
Zinc	Mg	3.00
Yodo	Ug	6.00
Fluor	Ug	130.00
Cobre	Ug	406.00
Grasa total	G	18.00
Sodio	Mg	4.70

Fuente: Jimenez, 2007, p.41.

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

1.3. Polímeros

Los polímeros son macromoléculas formadas por cadenas repetidas de sencillas unidades químicas que al unirse forman los distintos polímeros, de acuerdo a la forma y al tipo de unidad que se enlaza, forma los distintos polímeros y cuya longitud va definida de acuerdo al número de unidades enlazadas, el cual determina el grado de polimerización o peso molecular. Los polímeros pueden ser encontrados en la naturaleza como componentes de ciertos productos vegetales o a su vez pueden ser sintetizados de diferentes maneras (Fred y Billmeyer, 1975, pp. 3-7).

Los enlaces que unen las largas cadenas de unidades del polímero son generalmente covalentes, por otra parte, también son atraídas por distintas fuerzas intramoleculares alternas o secundarias (Sebastiao y Canevarolo, 2013, p.35).

Los polímeros se pueden obtener por síntesis y de fuentes naturales esta última se encuentran en la estructura de todos los vegetales y animales diferenciándose por las unidades y enlaces que las componen entre las que se tienen: almidón, proteínas, celulosa, hemicelulosa, polisacáridos y colágeno los cuales pueden ser extraídos de la biomasa por diferentes procesos y ser utilizados para formar bioplásticos, de uso en medicina o en procesos industriales de alimentos (Labeaga, 2018, p.7).

1.3.1. Almidón

Polímero natural formado por la unión de glucosas y considerado como el componente mayoritario de vegetales, proporciona funciones de reserva en su interior formando partículas insolubles. Se compone de amilosa y amilopectina en donde la primera se encuentra entre 20% a 40% uniendo a las glucosas por enlaces α -(1,4) y la segunda se encuentra entre 70% a 80% ramificado por enlaces α -(1,6), la concentración de cada componente está directamente relacionada a la fuente de obtención del polímero (Labeaga, 2018, p. 19).

Por sus características se puede utilizar como aditivo de productos convencionales, además se utiliza como reactivo en diferentes ensayos químicos. Se puede encontrar en arroz blanco o integral, habas, garbanzos, soja, en las semillas como lentejas, maíz, trigo, frijol, además en tallos y tubérculos como la yuca, papas y camote, de acuerdo al producto contienen cada uno diferente cantidad de almidón (Villaroel et al., 2018, p.273).

1.3.1.1. Características del almidón

El almidón tiene propiedades relacionadas directamente con la variabilidad de amilosa y amilopectina en su estructura, las cuales define las características de cada almidón, entre las que se encuentran índice de solubilidad, índice de absorción, poder de hinchamiento, comportamiento

de los geles, temperatura de gelatinización y viscosidad, las cuales varían en cada almidón (Granados et al., 2014, pp.92-93).

El almidón es usado como viscosante con el propósito de dar características de textura, cuerpo y consistencia, proporciona propiedades tecnológicas a los alimentos y diferentes productos, además se asocia a propiedades fisiológicas en la salud (Villaroel et al., 2018, p.272).

1.3.1.2. Extracción del almidón

El almidón se puede extraer de manera artesanal o a nivel de laboratorio y se puede utilizar el método seco o el húmedo. El primero consiste en el producto después de secado realizar un tamizaje, con operaciones intermedias de triturado y molienda; en cambio el segundo método consiste en después de seleccionado y triturado el producto se realiza una maceración que se basa en una extracción sólido líquido con un agente extractante como puede ser agua o a su vez un reactivo como metabisulfito de sodio o ácido cítrico (Carrasco y Molocho, 2018, pp.4-8).

La extracción del almidón de leguminosas se puede realizar sometiendo a una molienda húmeda obteniendo una suspensión, la cual se filtra para separar la fracción fibra-germen. Una vez separada esta porción se realiza una sedimentación y lavado para finalmente liberar el almidón del gluten, como paso final se procede al secado del almidón (Avellan et al., 2020, p.4).

La calidad y conservación del almidón es importante luego de su extracción por lo que en dicho proceso se utiliza ácido cítrico, el cual ayuda a mejorar la calidad microbiológica y propiedades organolépticas en los alimentos, en cuanto al color lo mejora ya que este agente determinara calidad (Muñoz et al., 2014, p.21).

1.4. Biopolímeros

Los biopolímeros o bioplásticos según la norma técnica ecuatoriana (NTE) INEN 2643-2012, son plásticos que se degradan fácilmente por la acción de diferentes microorganismos tales como hongos y bacterias presentes en la naturaleza.

Son obtenidos a partir de fuentes naturales como polímeros (almidón, proteínas y celulosa) extraídos de diferentes productos agrícolas, también son obtenidos a partir de polímeros sintéticos como el ácido poliláctico y se puede sintetizar también a partir de microorganismos. El proceso general se basa en la extracción, inyección y termoformado controlando la maleabilidad, extensibilidad, compresión, impacto y biodegradabilidad, para dar un producto final de calidad (Rimac, 2019, pp.5-13).

Los plásticos obtenidos con polímeros de origen natural, para tener mayor resistencia son formulados con mezclas de uno o más polímeros con un plastificante para reducir la fragilidad que presentan los polímeros. Se formula con diferentes concentraciones de un polímero y

glicerina para obtener un bioplástico con buenas características y propiedades mecánicas, además se puede agregar aditivos para obtener otros rasgos que ayuden a mejorarlo (Gómez, 2013, p.5).

1.4.1. Aditivos para la formulación del bioplástico

Los aditivos son componentes que forman parte de la formulación en la síntesis de un producto, los cuales tienen diferentes particularidades para proporcionar mejores características al final del proceso (Enríquez et al., 2012, p.185).

Cuando se usa sólo almidón en la formulación de un bioplástico produce materiales quebradizos y sensibles con deficientes propiedades mecánicas, razón por la cual se utilizan aditivos como glicerol para mejorar la flexibilidad y ácido acético para corregir las propiedades mecánicas, se puede combinar con gelatina el cual es un polímero proveniente de proteínas animales que da estabilidad a los plásticos biodegradables (Enríquez et al., 2012, p.185).

1.4.1.1. Plastificantes

Agente usado para dar estabilidad y mejores características de elasticidad, como el glicerol o glicerina el cual ayuda a aumentar la flexibilidad de las películas sirviendo como suavizante del almidón ya que es un humectante que permite dar maleabilidad al bioplástico disminuyendo su fragilidad y rigidez (Enríquez et al., 2012, p.186).

1.4.1.2. Agentes acoplantes

Es un agente que sirve de mediador de las fases y suelen ser los grupos epóxidos y grupos de ácidos anhídros, se puede usar ácido acético que ayuda a reducir la permeabilidad del vapor de agua y mejora la resistencia disminuyendo la solubilidad del bioplástico (Enríquez et al., 2012, p.187).

1.4.1.3. Vehículo

El agua es el principal vehículo el cual es un agente que ayuda a plastificar la mezcla del polímero con otros aditivos sirviendo de disolvente de diferentes compuestos (Enríquez et al., 2012, p.189).

1.4.2. Características de los biopolímeros o bioplásticos

Basándose en la norma técnica ecuatoriana (NTE) INEN 2643-2012, un bioplástico posee características similares a los sintéticos, tienen propiedades mecánicas adecuadas para diferentes

usos, además no provocan impactos adversos sobre compost. Estos poseen características mecánicas, de solubilidad y permeabilidad al vapor de agua diferentes del sintético por estar compuestos de polímeros naturales, cada bioplástico tiene diferentes valores por su composición y varían de acuerdo al método de elaboración, además poseen un contenido de humedad alto que lo ayuda a degradarse (Chariguamàn, 2015, pp.8-10).

1.4.2.1. Biodegradabilidad

Un bioplástico se degrada al entrar en contacto con microorganismos naturales que lo descomponen, el cual no debe encontrarse en cantidades superiores al 10 % máximo después de 12 semanas y no afectara al crecimiento vegetal al ser introducido en el suelo de un cultivo, presenta tanto seguridad terrestre y acuática ya que se degrada fácilmente en el agua, esta es una de las características más diferenciadas de los plásticos comunes o sintéticos (NTE INEN 2643-2012).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Lugar de realización

El Estudio se realizó en el laboratorio de investigación de la Facultad de Ciencias en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

2.2. Tipo de investigación

La investigación descrita es cuantitativa, ya que se utiliza un método de recogida de datos en un contexto de estudios científicos que utiliza herramienta de análisis matemático para describir y explicar acontecimientos mediante datos numéricos. Es de tipo exploratoria debido a que explica cómo el uso de polímeros extraídos de productos agrícolas puede ayudar a la obtención de bioplásticos, un tema poco estudiado en el país, por lo que se enmarca como un tema de interés.

2.3. Diseño experimental

El estudio se realizó mediante un diseño de investigación experimental o de laboratorio, basado en la obtención de un bioplástico adecuado para envoltura de alimentos a partir del almidón de salvado de trigo y soja. Se efectuó la manipulación de variables experimentales en condiciones controladas utilizando un diseño factorial 2^k , de 2 niveles (2^2) que resultó de 4 tratamientos para la extracción del almidón. Se seleccionó aleatoriamente concentraciones preliminares de aditivos y polímeros para plantear las formulaciones finales del bioplástico, a partir de las cuales se elaboró bioplásticos con distintas características.

2.4. Planteamiento de hipótesis

2.4.1. Hipótesis 1

Influyen las variables revoluciones por minuto (6000-15000) y tiempo de trituración (1 min-2min) en la extracción del almidón de salvado de trigo para la elaboración de bioplástico.

2.4.2. Hipótesis 2

Influye las variables revoluciones por minuto (6000-15000) y tiempo de trituración (45seg-1min) en la extracción del almidón de soya para la elaboración de bioplástico

2.4.3. Hipótesis 3

La permeabilidad al vapor de agua y la solubilidad del bioplástico influyen en el uso como envoltura de alimentos.

2.5. Población de estudio

La población de estudio es el salvado de trigo y las semillas de soja.

2.6. Tamaño de muestra

25Kg de salvado de trigo (*Triticum spp*) y 55Kg de soja (*Glycine max*).

2.7. Método de muestreo

Muestreo aleatorio simple mediante la separación de elementos no adecuados para el proceso.

2.7.1. Criterios de inclusión

Salvado y soja que estén en adecuadas condiciones de almacenamiento sin presencia de agentes extraños a la biomasa como mohos, Apariencia física normal y dimensiones regulares.

2.7.2. Criterios de exclusión

Soja y salvado de trigo que presenten alteraciones por malas condiciones de almacenamiento y tengan presencia de mohos, que cuente con agentes extraños a la biomasa como tierra o piedras y que presenten manchas que afectan la apariencia de las materias primas.

2.8. Materiales reactivos y equipos

2.8.1. Materia Prima

- Salvado de trigo
- Soja

2.8.2. Materiales

- Licuadora
- Tamiz
- Malla de tela de 1mm
- Vaso de plástico de 1L
- Vasos de precipitación de 100ml, 50ml, 25ml, 250ml, 500ml, 1000ml
- Crisoles
- Tamiz de 100-250 μm
- Balón volumétrico de 500ml
- Pipeta graduada de 10 ml y 5ml
- Probeta de 100ml
- Termómetro de 360 °C
- Varilla de agitación
- Espátula
- Piseta
- Extractor de soxhlet (condensador extractor, balón esmerilado)
- Mangueras de condensador
- Kitasato
- Papel filtro
- Bureta de 25ml
- Pinza para bureta
- Soporte universal
- Matraz Erlenmeyer de 250ml
- Balón de digestión de Kjeldahl
- Crisol filtrante
- Desecador
- Frascos de orina

- Envases de centrifuga
- Tubos de ensayo
- Cajas Petri
- Bases de vidrio de 6.5cmx 11cm y de 13.5cmx22cm

2.8.3. Reactivos

- Agua vivand y destilada
- Ácido cítrico al 2%
- Lugol
- Éter
- Ácido clorhídrico 0.1 N
- Ácido sulfúrico concentrado
- Hidróxido de sodio al 40%
- Sulfato de sodio al 5%
- Ácido bórico al 4%
- Ácido sulfúrico al 1.25%
- Hidróxido de sodio al 1.25%
- Agar Sabouraud dextrosa
- Agar PCA (plate count agar)
- Agar MI de Neogen
- Glicerina
- Vinagre
- Gelatina

2.8.4. Equipos

- Balanza analítica Explorer
- Estufa de desecación
- Mufla
- Reverbero
- Sorbona
- pH metro ori3n versastar pro
- Shaker
- Viscosímetro de brookfield

- Termobalanza
- Dosi- fiber
- Digestor y destilador microkjeldhal
- Centrifuga ortoaires
- Espectrofotómetro de infrarrojo jasco FT/IR 4100

2.9. Metodología para la recolección de datos

2.9.1. Extracción del almidón de soya y salvado de trigo

- Plantear un esquema en base al diseño experimental y obtener los tratamientos con las combinaciones de variables y niveles para la extracción del almidón como la tabla 1-2.

Tabla 1-2: Esquema del diseño experimental 2² para la extracción del almidón

Variables	Niveles		Tratamientos
	1	2	
RPM	Bajo	Alto	RPM1:T1
			RPM1:T2
Tiempo	Bajo	Alto	RPM2:T1
			RPM2:T2

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

- Diseñar la matriz con valores reales para extraer el almidón con cada tratamiento obtenido del diseño experimental.

Tabla 2-2: Matriz del diseño experimental 2² para la extracción de almidón.

Producto	Tratamiento	RPM	Tiempo	Producto	Tratamiento	RPM	Tiempo
Salvado de trigo	T1	6000	1 min	Soja	T1	6000	45seg
	T2	6000	2 min		T2	6000	1 min
	T3	15000	1 min		T3	15000	45seg
	T4	15000	2 min		T4	15000	1 min

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

- Pesar 100 gramos de salvado de trigo y 200 gramos de soja.
- Colocar por separado en una licuadora con 500 ml de solución de ácido cítrico al 2%.
- Triturar de acuerdo a la matriz del diseño experimental y filtrar por un tamiz y una tela filtrante de 1mm.
- Dejar reposar por 8 horas hasta sedimentar.
- Decantar el sobrenadante.
- Secar el sedimento en una estufa a 50-55 °C por 20H.
- Repetir el proceso 4 veces en cada tratamiento.
- Tamizar por un tamiz de 250µm y luego por uno de 100µm.
- Determinar el rendimiento mediante la fórmula:

$$\% R = \frac{Ax100}{B}$$

Donde:

R= Porcentaje de rendimiento

A= Peso seco del almidón

B= Peso de la materia prima

- Extraer 1kg de almidón del mejor tratamiento en base al mayor rendimiento tanto del salvado de trigo como de la soja (Avellan et al., 2020).

2.9.2. Análisis proximal del almidón de soja y salvado de trigo

2.9.2.1. Determinación de Humedad

Desecación en estufa de aire caliente descrita por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación 4981-2002

- Tarar crisoles en una estufa a 105 °C por 3 horas.
- Pesar de 20 g de almidón en los crisoles.
- Colocar el crisol en una estufa a 105 °C durante 24 horas.
- Pesar los crisoles con la muestra seca.
- Determinar mediante las siguientes fórmulas:

$$\% ms = \frac{(P1-P3)x100}{(P2-P1)}$$

$$\% H = 100 - ms$$

Donde:

ms= Porcentaje de materia seca

P1= Peso del crisol vacío

P2= Peso de la muestra

P3= Peso crisol más muestra seca

H= Porcentaje de humedad (NTEICONTEC 4981-2002).

2.9.2.2. Determinación de cenizas

Incineración en mufla explicada por AOAC (2000)

- Colocar 2g de almidón seco en un crisol tarado
- Calcinar en un reverbero y en una Sorbona hasta que no emane humo
- Transferir a la mufla a 500 -550 °C hasta obtener cenizas
- Colocar en un desecador y pesar hasta peso constante
- Calcular mediante la siguiente formula:

$$\% C = \frac{(P2 - P1)}{m \times 100}$$

Donde

C= porcentaje de cenizas

P1= peso del crisol vacío

P2= peso del crisol más cenizas

m= peso de la muestra AOAC (2000)

2.9.2.3. Determinación de Grasa

Método gravimétrico extracción por soxhlet descrita en la NTE INEN 523 1980-12

- Pesar 2 g de almidón y colocar en una envoltura de papel filtro inmediatamente colocar en la cámara de sifonación.
- Pesar el balón previamente tarado.
- Embonar la cámara con el balón y adicionar 250ml de éter pasando por la muestra y luego colocar el condensador.
- Encender el reverbero y extraer por 2 a 4 horas.
- Retirar el balón y evaporar el solvente.
- Colocar el balón en la estufa hasta peso constante.
- Calcular el porcentaje de grasa mediante la fórmula:

$$\% G = \frac{(P1 - P)}{m} \times 100$$

Donde:

G= Porcentaje de grasa

P1= Peso del balón más la grasa

P= Peso del balón tarado

m= Peso de la muestra (NTE INEN 523, 1980)

2.9.2.4. Determinación de fibra

Método gravimétrico por digestión ácido-base explicada en la norma NTE INEN 522:2013.

- Pesar 2 gramos de muestra seca y desengrasada en crisoles filtrantes.
- Colocar en el equipo Dosi-fiber y agregar 250ml de ácido sulfúrico 1.25%.
- Encender la parrilla y calentar hasta ebullición por 1 hora.
- Filtrar al vacío y lavar con 250 ml de agua destilada caliente.
- Adicionar 250ml de NaOH 1,25% y hervir por 1 hora.
- Filtrar al vacío y lavar con 250ml de agua destilada caliente.
- Colocar el crisol en estufa por 12 horas a 105 °C y luego en la mufla a 600 °C por 30 min.
- Enfriar el desecador y pesar.
- Calcular mediante la fórmula:

$$\% F = \frac{P1 - P}{m} \times 100$$

Donde:

F= Porcentaje de fibra

P1= Peso del crisol más residuo seco en estufa

P= Peso del crisol más cenizas después de incineración

m= Peso de la muestra (NTE INEN 0522, 1981).

2.9.2.5. Determinación de Proteína

Método volumétrico por microkjeldhal descrito por la norma NTE INEN 0519, 1980

- Pesar 40 mg de muestra seca y colocar en el balón de Kjeldahl.
- Adicionar 1.5g de NaSO₄; 40mg de HgO, 2ml de H₂SO₄ concentrado.
- Colocar en el digestor y calentar hasta transparencia.
- Adicionar 4ml de agua destilada para disolver.
- Colocar en un vaso de 50 ml, 8ml de NaOH al 40% y 2ml de Na₂S₂O₃ al 5% y verter dejando pasar lentamente al balón de destilación.

- Recibir el destilado en un matraz que contenga una mezcla de 12 ml de H₃BO₃ al 4% y 8ml de agua destilada al que se añade 3 gotas de indicador rojo de metilo y verde.
- Titular el destilado con HCl 0.1N.

$$\%P = 1.4 \times f \times V \times N/m$$

Donde:

P = Porcentaje de proteína

f = Factor para transformar el % N2 en proteína.

V= Volumen de HCl empleado para titular la muestra en ml

N1= Normalidad del HCl

m= Peso de la muestra (NTE INEN 0519, 1981).

2.9.3. Caracterización del almidón de soya y salvado de trigo

2.9.3.1. Determinación de amilosa

Método MO-LSAJA-04 descrito por Morrison y Laignelet (1983)

- Colocar 100mg de muestra, amilosa y amilopectina en frascos volumétricos de 100ml.
- Adicionar 1ml de etanol al 95% y 9ml de NaOH 1N a cada frasco, tapar y reposar de 18 a 24 horas a temperatura ambiente y completar con agua destilada a 100ml.
- Preparar una curva estándar de % amilosa (0, 10, 10, 25, 30) con soluciones de amilosa y amilopectina (0:18; 2:16; 4:14; 5:13; 6:12) y 2ml de hidróxido de sodio.
- Agregar en un frasco de 100ml, 50ml de agua destilada, 5ml de cada punto de la curva, 1ml de ácido acético 1N y 2ml de solución de yodo al 2% , mezclar y aforar.
- Dejar los frascos en oscuridad por 20 minutos y leer la densidad óptica a 620nm de longitud de onda.
- Calcular el contenido de amilosa directamente de la curva estándar expresada en porcentaje (Morrison y Laignelet, 1983).

2.9.3.2 Determinación de amilopectina

Determinación directa

- Restar el valor de la amilosa con la cantidad de almidón (carbohidratos totales).
- Determinar los carbohidratos totales o cantidad de almidón por la resta de grasa, fibra y proteína (Morrison y Laignelet, 1983).

2.9.3.3. Determinación de pH

Medición directa en pH metro explicado por el instituto internacional del almidón 26-5e 1999

- Pesar 20g de almidón y adicionar 100ml de agua destilada.
- Mezclar durante 15 minutos a 100RPM.
- Filtrar el sobrenadante.
- Calibrar el pH metro.
- Medir el pH (ISI 26-5e 1999).

2.9.3.4. Temperatura de gelatinización

Determinación directa por lectura en termómetro descrito por Grace (1977).

- Disolver 10g de almidón y completar a 100ml.
- Tomar 50ml de la solución y llevar a baño en agua a 85°C.
- Mezclar constantemente con el termómetro hasta que se forme el gel.
- Leer la temperatura una vez se forma el gel (Grace, 1977).

2.9.3.5. Determinación de viscosidad

Viscosidad de brookfield, lectura directa en viscosímetro descrito por el instituto nacional del almidón 17-1e 2002

- Disolver 25g de almidón y aforar a 500ml.
- Colocar la suspensión en un vaso de 600ml.
- Llevar a ebullición mezclando constantemente.
- Retirar apenas hierve.
- Enfriar hasta 25 °C.
- Medir en el viscosímetro a 10 RPM (ISI 17-1e 2002).

2.9.3.6. Determinación del Índice de solubilidad

- Secar tubos de centrifuga a 60°C y pesar.
- Colocar 1,25g de almidón y agregar 30 ml de agua destilada en los tubos.
- Llevar a baño maría a 60 °C por 30 minutos, luego de 10 minutos mezclar.
- Llevar a la centrifuga por 30 min a 2000 RPM.
- Medir el volumen de sobrenadante y 10ml de ellos secar en estufa en un vaso de 50ml (previamente tarado) a 70 °C por 24 horas.

- Pesar el tubo con el gel.
- Pesar el vaso con el líquido seco (solubles) (Anderson et al., 1969).
- Determinar el índice de solubilidad mediante la siguiente fórmula:

$$ISA = \frac{PS \times V \times 10}{P_m}$$

Donde:

ISA= Índice de solubilidad

PS= Peso de los solubles

P_m= Peso de la muestra

V= Volumen de agua restante

2.9.4. Análisis microbiológico del almidón

2.9.4.1. Determinación de aerobios mesófilos

Técnica basada en la determinación de células bacterianas viables o de unidades formadoras de colonias descrita por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación 4519-1998

- Pesar 10g de almidón en un matraz que contenga 90 ml de agua peptonada agitar y dejar reposar 10 minutos siendo esta una dilución 10⁻¹.
- Realizar más diluciones de ser necesario trasvasando 1ml del matraz a un tubo con 9ml de agua peptonada y de este 1ml al siguiente.
- Inocular 1 ml de la dilución sobre la caja Petri.
- Colocar 15ml de agar plate count agar previamente fundido a 45° C.
- Mezclar en forma rotatoria a un lado y al otro.
- Invertir las cajas una vez sólidas e incubar a 37 °C por 48 horas.
- Leer las colonias y reportar en UFC (unidades formadoras de colonias) de acuerdo a la dilución, si es la dilución 10⁻¹ y se tiene 83 colonias reportar 830 UFC/g si es dilución 10⁻² reportar 8300 UFC/g, realizar el promedio si es más de una dilución (NTC ICONTEC 4519-1998).

2.9.4.2. Determinación de Hongos y levaduras

Determinación basada en la presencia de microorganismos en un cultivo explicada por la NTC ICONTEC 4132-1997.

- Colocar 10g de almidón en un matraz que contenga 90ml de agua peptonada, agitar y dejar reposar 10 minutos siendo esta una dilución 10⁻¹.

- Realizar más diluciones de ser necesario, trasvasando 1 ml del matraz a un tubo con 9ml de agua peptonada y 1 ml de este al siguiente.
- Inocular 1 ml de la dilución sobre la caja Petri.
- Verter 15ml de agar Sabouraud dextrosa fundido y mantenido a 45 °C.
- Mezclar en forma rotatoria a un lado y al otro.
- Invertir las cajas una vez sólidas, colocar en una envoltura e incubar a 22°C por 5-7 días.
- Contar las colonias y multiplicar por el factor de dilución (NTC INCONTEC 4132-1997).

2.9.4.3. *Determinación de coliformes*

Determinación por membrana filtrante con caldo MI de neogen

- Diluir 10g de almidón en 90ml de agua peptonada.
- Filtrar por la membrana de Neogen blanco (6550) al vacío.
- Retirar el embudo y colocar la tapa del filtro neogen sobre el conjunto Filtro/base convirtiendo la unidad en una caja Petri o a su vez colocar la membrana en una caja Petri pad.
- Colocar en la base la ampolla de 2 ml de caldo MI de Neogen y sobre ella la membrana.
- Incubar en posición vertical de 35 °C durante 18-24 horas.
- Evidenciar la presencia de colonias típicas fermentadoras de color rojo para coliformes totales y para *Escherichia coli* colonias de color azulado con halo metálico (Negogen, 2020).

2.9.5. *Formulación y elaboración del bioplástico*

- Diseñar formulaciones preliminares para hallar concentraciones de las constantes.
- Elaborar un esquema para realizar las formulaciones para la obtención de cada bioplástico con las concentraciones altas y bajas de almidón y glicerina.
- Diseñar formulaciones en base al esquema general con cada almidón para diferenciar físicamente sus bioplásticos con el de la combinación
- Seleccionar una combinación óptima para la mezcla de almidones en la elaboración del bioplástico con los dos almidones

Tabla 3-2: Esquema general de formulación

Variables	Niveles		Tratamientos
	1	2	
Almidón	Alto	Bajo	CA1:CG1
			CA1:CG2
Glicerina	Alto	Bajo	CA2:CG1
			CA2:CG2

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Tabla 4-2: Matriz para la elaboración del bioplástico en base al esquema general

Producto	Tratamiento	Almidón	Glicerina (ml)	Producto	Tratamiento	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Producto	Tratamiento	Almidón	Glicerina (ml)
Bioplástico de almidón de soya	ST1	3.0	1.0	Bioplástico de almidón de salvado de trigo	TT1	3.0	1.5	Bioplástico de la combinación de almidones	MT1	3.3	2.0
	ST2	2.8	1.0		TT2	3.0	1.0		MT2	3.0	2.0
	ST3	3.0	2.0		TT3	3.5	1.0		MT3	3.0	1.5
	ST4	2.8	2.0		TT4	3.5	1.5		MT4	3.3	1.5

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

2.9.5.1. Proceso de elaboración general del bioplástico

Método basado en (Terrazas et al, 2015) ligeramente modificado para la materia prima

- Pesar almidón en un vaso de precipitación y disolver con agua destilada.
- Colocar a baño maría (85 °C) y agregar lentamente el ácido acético y la glicerina.
- Mezclar para evitar la formación de grumos hasta que esté cerca a la temperatura de gelatinización.
- Retirar al momento de haber conseguido una consistencia no tan espesa ni muy líquida sin sobrepasar la temperatura de gelatinización.
- Verter 14ml de muestra caliente sobre 2 placas de vidrio de 6.5cm x 11cm.
- Dejar secar por 48 horas a 21°C al ambiente.
- Desmoldar y caracterizar (Terrazas et al., 2015).

2.9.6. Caracterización del bioplástico

2.9.6.1. Caracterización física del bioplástico

Metodología basada en la norma NTE INEN 2542:2010

- Pesar la lámina de bioplástico en una balanza analítica.
- Medir el espesor con un calibre o pie de rey digital para mayor precisión.
- Colocar la biopelícula sobre una hoja con letras para determinar su transparencia.
- Observar la estabilidad mediante la conservación de la forma y resistencia.
- Registrar los resultados de 4 biopelículas obtenidas (NTE INEN 2542:2010).

2.9.6.2 Humedad

Determinación de humedad registrada por (Tirado et al. 2014).

- Cortar láminas de bioplástico en dimensiones de 3cm x 3cm de cada tratamiento.
- Cubrir con papel aluminio los platos de la termobalanza.
- Colocar sobre los platos cubiertos, las láminas de bioplástico.
- Introducir en la termobalanza y tarar.
- Esperar hasta que se extraiga toda la humedad.
- Leer los resultados de la termobalanza (Tirado et al. 2014).

2.9.6.3. Permeabilidad al vapor de agua

Técnica gravimétrica de la ASTM E-96,88 descrita por (Trejo et al., 2001, pp. 1-5). Modificada y adaptada para realizarlo en el laboratorio de investigación

- Activar el desecante (Gel de sílice) a 105 °C por 24 horas en una estufa de calor.
- Determinar el diámetro y área de la boca de los tubos y medir la altura.
- Colocar el gel de sílice en los tubos de ensayo las $\frac{3}{4}$ partes.
- Cortar las películas de bioplástico en dimensiones de 3cm x 3cm de cada tratamiento.
- Colocar en la boca de los tubos las láminas de bioplástico y sellar herméticamente.
- Pesar cada tubo y anotar el resultado.
- Introducir los tubos en un desecador con ambiente de humedad relativa entre 48%-75% a una temperatura de 20 °C, el cual contenga en el fondo una solución saturada de cloruro de sodio.
- Pesar los tubos consecutivamente durante 6 horas (Trejo et al., 2001, pp. 1-5).
- Determinar la permeabilidad al vapor del agua mediante la fórmula:

$$WVP = \frac{Q/t}{A} \times E$$

Donde:

WVP= Permeabilidad al vapor de agua expresado en (g x mm/h x m²)

Q= Peso ganado del desecante

t= Tiempo del ensayo en horas

A= Área total en m² de la biopelícula que recubre a la cámara o boca del tubo

E= Espesor de la biopelícula en m (Trejo et al., 2001, pp. 1-5).

2.9.6.4. Solubilidad

Técnica basada en el laboratorio tecnológico de Uruguay No 4-2009-INN TEC-33 y descrita también por (Versino y García, 2018).

- Cortar láminas de biopelículas en medidas de 2,5cm x 2,5cm de cada tratamiento.
- Pesar cada lámina.
- Ubicar las láminas en frascos de 100ml y colocar 80ml de agua destilada.
- Agitar a 100 RPM por 1 hora a 20 °C.
- Filtrar una vez agitado obteniendo solamente la lámina.
- Secar a una temperatura inicial de 40°C y luego a 105 °C hasta obtener un peso constante (Versino y García, 2018).
- Pesar las láminas secas luego del ensayo (Escobar et al., 2009).
- Calcular la solubilidad tomando en cuenta el porcentaje de humedad mediante la fórmula:

$$\% S = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde:

S=% de solubilidad

P_i= Peso inicial de la lámina seca (se resta el % de humedad)

P_f= Peso final de la lámina seca luego del ensayo (Versino y García, 2018).

2.9.6.5. Espectroscopia infrarroja

- Cortar biopelículas en dimensiones de 3cm x 3cm.
- Doblar la lámina de bioplástico
- Colocar en el espectrofotómetro Infrarrojo.
- Obtener el espectro de la composición del bioplástico.
- Interpretar el espectro reflejado.

2.9.6.6. Propiedades mecánicas

Ensayo realizado en un laboratorio externo bajo la norma NTE INEN 2635:012, con la máquina universal de ensayos-WAW600B marca Jinan liangong testing technology co., LTD.

2.9.6.7. Biodegradabilidad

Metodología basada en (Versino y García, 2018). Modificada y acondicionada, se utilizó también la técnica descrita por (Álvarez, 2021).

- Cortar biopelículas en dimensiones de 3cm x3cm de cada tratamiento .
- Colocar para la biodegradabilidad hidrolítica 80ml de agua a una temperatura ambiente de 20 °C , a la cual se agrega en su interior la biopelícula manteniendo constante el agua hasta la degradación.
- Introducir 10cm bajo tierra para la biodegradabilidad en suelo.
- Colocar en una superficie expuesta a la luz solar para la biodegradabilidad en el ambiente a temperatura 21°C.
- Determinar la biodegradabilidad en al agua y en la tierra cualitativamente mediante el tiempo en que demoran en desintegrarse el mayor porcentaje las biopelículas, registrar cada 5 días el estado de las láminas.
- Medir el área mediante fotografías con el programa Image J en las láminas que se colocan al ambiente cada 7 días hasta que se biodegrade.
- Registrar el tiempo que se demora en biodegradarse (López et al., 2010), (Versino y García, 2018), (Álvarez, 2021).

2.9.6.8. Evaluación del uso como envoltura

- Preparar láminas de bioplástico de 22cm x 13cm.
- Seleccionar fresas del mismo estado.
- Colocar 4 fresas sobre 6 bases de espuma de poliestireno.
- Envolver 2 con envolturas de plástico común (CEC), 2 con láminas de bioplástico (CEB) y 2 no colocar envolturas (SE).
- Dejar al ambiente (21 °C) una base sin envoltura, una con envoltura común y otra con el bioplástico, de igual manera en refrigeración (3 °C).
- Medir la conservación en un rango de 1-6 (bueno-malo) para evaluar el uso.
- Evaluar todos los días cualitativamente la conservación de acuerdo al rango establecido.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Extracción de almidón

Tras realizar 4 repeticiones de cada tratamiento utilizando el diseño factorial 2k descrito en la tabla 2-2 de la matriz del diseño experimental para la extracción de almidón, se obtiene los rendimientos de extracción del almidón de salvado de trigo y soja reflejados en los resultados descritos en las tablas 1-3 y 2-3.

Tabla 1-3: Rendimiento de extracción del almidón de salvado de trigo

Tratamiento	Repetición	Ácido cítrico (ml)	Salvado de trigo (g)	Almidón (g)			Rendimiento (%)	
				R	Promedio	Total	R	Promedio
T1	R1	500	100	2,55	2,81	11,24	2,55	2,81
	R2			2,65			2,65	
	R3			3,09			3,09	
	R4			2,95			2,95	
T2	R1			4,45	4,49	17,94	4,45	4,49
	R2			4,53			4,53	
	R3			4,62			4,62	
	R4			4,34			4,34	
T3	R1			4,01	4,08	16,30	4,01	4,08
	R2			4,03			4,03	
	R3			4,33			4,33	
	R4			3,93			3,93	
T4	R1			4,74	4,98	19,90	4,74	4,98
	R2			4,95			4,95	
	R3			5,01			5,01	
	R4			5,20			5,20	

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

En la tabla 1-3 se observa los resultados de la extracción del almidón de salvado de trigo con un mínimo rendimiento de 2.81% para el tratamiento 1 (T1) y un máximo de 4.98% correspondiente

al tratamiento 4 (T4), el primero de acuerdo a la matriz de la tabla 2-2 se realizó a 6000 RPM por 1 min mientras que en el último se utilizó 15000 RPM por 2 min.

De acuerdo al gráfico 1-3 de los promedios de rendimiento de extracción de almidón de salvado de trigo se evidencia que el mayor porcentaje se alcanza en el tratamiento T4 por consecuencia se considera mejor.

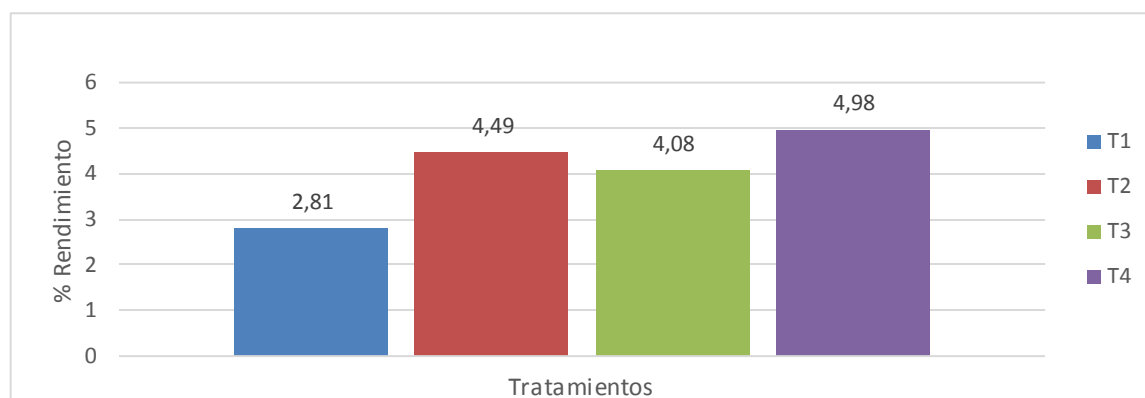


Gráfico 1-3. Promedio del rendimiento de extracción del almidón de salvado de trigo

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Tabla 2-3: Rendimiento de extracción del almidón de soya

Tratamiento	Repetición	Ácido cítrico (ml)	Soya (g)	Almidón (g)			Rendimiento (%)	
				R	Promedio	Total	R	Promedio
T1	R1	500	200	1,03	1,05	4,18	0,52	0,52
	R2			1,05			0,53	
	R3			1,10			0,55	
	R4			1,00			0,50	
T2	R1			1,98	1,96	7,82	0,99	0,98
	R2			1,55			0,78	
	R3			2,30			1,15	
	R4			1,99			0,99	
T3	R1			1,94	2,20	8,78	0,97	1,10
	R2			2,53			1,27	
	R3			2,33			1,17	
	R4			1,98			0,99	
T4	R1			3,01	3,74	14,95	1,51	1,87
	R2			3,85			1,93	
	R3			4,13			2,07	
	R4			3,96			1,98	

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

En la tabla 2-3 se evidencia que en cuanto a la extracción del almidón de soja el tratamiento con mayor rendimiento es el T4 con 1.87% en el cual se utilizó 15000 RPM por 1 min mientras que con 6000 RPM por 45 seg solo se obtuvo 0.52%. Esto se ve reflejado en el gráfico 2-3 en los promedios del rendimiento de extracción de cada tratamiento en el cual se observa que con el T4 se obtiene mayor porcentaje resultando el mejor.

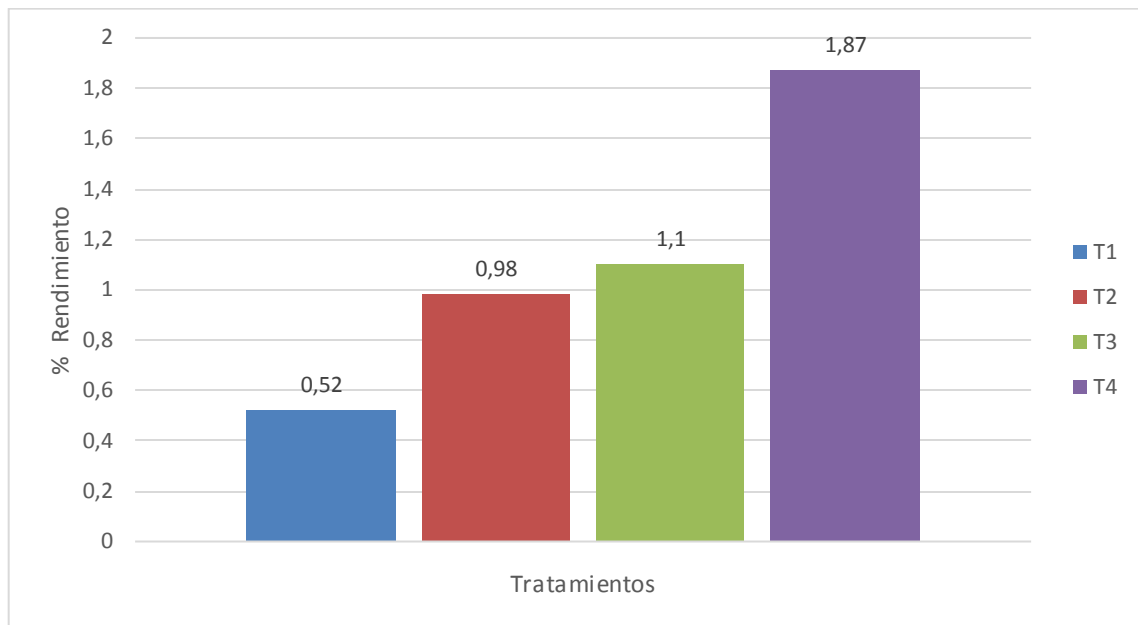


Gráfico 2-3. Promedio del rendimiento de extracción del almidón de soja

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Mientras mayor sea las revoluciones por minuto (RPM), mayor será la extracción del almidón, esto se debe a que las RPM influyen sobre la separación de componentes de un alimento, ya que según (Bermúdez, 2000) mientras se incremente la velocidad angular en una trituradora esta ayudará a la mejor división y precipitación de partículas.

La diferencia de rendimiento entre los 2 almidones se debe a la cantidad que su biomasa contiene, por lo cual se obtiene un mayor rendimiento en el salvado de trigo que la soja, pese a esto sus rendimientos son relativamente bajos debiéndose a que sus almidones están en un bajo porcentaje en la estructura de la materia prima, el almidón en la soja conforma un 8% y en el salvado 10% a comparación de otras fuentes, en donde el almidón se encuentra en mayor porcentaje y es fácilmente extraíble como: la papa o la malanga con la cual (Rosales, 2016) extrae con ácido cítrico un rendimiento de 22.6%, el mismo que explica que se debe a su contenido de almidón en la materia prima.

3.1.1. Análisis de varianza de la extracción del almidón

Para este estudio se utilizó el análisis de varianza ANOVA de dos factores con varias muestras por grupo con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia (α) de 0.05, se tomó en cuenta las variables de revoluciones por minuto vs tiempo de trituración, conforme al diseño experimental 2k reflejado en la tabla 2-2 y de acuerdo a los resultados de las tablas 1-3 y 2-3.

Tabla 3-3: Análisis de varianza del rendimiento de extracción del almidón de salvado de trigo

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra RPM	3,080025	1	3,080025	85,22089002	8,43666E-07	4,747225347
Columnas Tiempo	6,630625	1	6,630625	183,4620706	1,241E-08	4,747225347
Interacción	0,600625	1	0,600625	16,61863039	0,001535356	4,747225347
Dentro del grupo	0,4337	12	0,036141667			
Total	10,744975	15				

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

De acuerdo al análisis de varianza Anova de la tabla 3-3 el valor de F en comparación con la distribución de Fisher, refleja que existe una diferencia significativa en los porcentajes de rendimiento de extracción con el cambio de RPM, lo mismo sucede entre cada uno de los tiempos, además existe diferencia significativa en el rendimiento de extracción cuando las dos variables RPM/tiempo son ejercidas, en consecuencia mientras se manipule las variables va existir diferencia significativa entre los valores de rendimiento observando también que la probabilidad es menor que α .

Tabla 4-3: Análisis de varianza del rendimiento de extracción del almidón de soya.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra RPM	2,1609	1	2,1609	81,4281677	1,0738E-06	4,74722535
Columnas Tiempo	1,500625	1	1,500625	56,5473387	7,0447E-06	4,74722535
Interacción	0,1024	1	0,1024	3,85869053	0,07307479	4,74722535
Dentro del grupo	0,31845	12	0,0265375			
Total	4,082375	15				

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Conforme la tabla 4-3 existe diferencia significativa si se manipula las RPM ya que el porcentaje de rendimiento varía significativamente entre las dos revoluciones, a su vez entre cada uno de los tiempos existe diferencia significativa es decir que el cambio de tiempo influye en el rendimiento de extracción, sin embargo, el valor para f calculado en la interacción de las dos variables es menor para el valor crítico, esto quiere decir que no hay diferencia en el rendimiento cuando las 2 variables interactúan ya que en la interacción la probabilidad es mayor que α .

3.2. Caracterización de los almidones

A partir de los tratamientos (T4) que representan mejor rendimiento de almidón de soya y salvado de trigo se realizaron los análisis para identificar la calidad y características que estos poseen, describiendo cada resultado a continuación:

3.2.1. Análisis sensorial de los almidones

Para el análisis sensorial se tomó en cuenta las características de olor, sabor, color y textura, obteniendo los resultados tanto para el almidón de soya como para el salvado de trigo que se describen en la siguiente tabla.

Tabla 5-3: Análisis sensorial de los almidones

Característica	Almidón de soya	Almidón de salvado de trigo
Olor	Característico	Característico
Sabor	Amargo	Característico
Color	Blanco opaco	Café-blanquecino
Textura	Harinosa, suave	Fina, suave, harinosa

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Como se describe en la tabla 5-3 en cuanto al olor y sabor es característico a su biomasa tanto del salvado de trigo como la soya, en cuanto al color en el almidón de soya se puede observar una ligera diferencia que es más blanco que el del salvado de trigo debido a que este último adquiere un color café debiéndose al color inicial de su materia prima, según Grace (1977) el color depende mucho del uso de sustancias en la extracción y a su vez determina la calidad, como en este caso se utilizó el ácido cítrico, indirectamente ayudo a mantener la inclinación en un color blanquecino sin adquirir el color en su totalidad de la materia prima manteniendo su calidad y características visualmente aceptables.

De acuerdo a Cobana y Antezana (2007) una textura fina, suave y sin grumos depende mucho del tamizaje que se dio al almidón, en este caso como se describe en la tabla 5-3 en los dos almidones contiene dichas características aceptables debido a que se utilizó un tamiz de 250 μm hasta 100 μm proporcionando la textura adecuada.

3.2.2. Análisis microbiológico de los almidones

Se realizó el análisis microbiológico de cada almidón de acuerdo a los parámetros y resultados que se muestran en la tabla 4-3, identificando la calidad de cada uno, evitando así interferencias en la posterior mezcla y elaboración del bioplástico ya que es destinado a envolturas alimenticias.

Tabla 6-3: Análisis microbiológico del almidón de soya y salvado de trigo

Microorganismos (UFC/g)	Almidón de salvado de trigo	Almidón de soya
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia
Aerobios mesófilos	830	840
Hongos y Levaduras	40	Ausencia

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

En la tabla 6-3 del análisis microbiológico se puede observar que el análisis de UFC/g de microorganismos se encuentran dentro de los parámetros aceptables, ya que según Aristizábal et al (2007) en el boletín de servicios agrícolas de la FAO describe para *Escherichia coli* debe haber un crecimiento menor a 10 UFC/g, aerobios mesófilos hasta 300 000 UFC/g y en cuanto a hongos y levaduras hasta 5000 UFC/g. De acuerdo a estos resultados se puede decir que los almidones tanto de salvado de trigo como de soya son microbiológicamente aceptables y se encuentran en un buen estado, esto se puede también deber al uso de ácido cítrico que de acuerdo a Muñoz et al (2014) es utilizado también como conservante.

3.2.3. Análisis proximal de los almidones

Con el análisis proximal se identificó la calidad de los almidones, obteniendo los siguientes valores para cada polisacárido.

Tabla 7-3: Análisis proximal del almidón de soja y salvado de trigo

Parámetro (%)	Almidón de salvado de trigo	Almidón de soja
Humedad	10.71	9.18
Cenizas	0.21	0.12
Grasa	0.24	0.16
Fibra	0.63	0.44
Proteína	0.45	0.51
Carbohidratos totales	98.68	98.89
Amilosa	33.59	39.82
Amilopectina	65.09	59.07

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Como describe (Aristizábal et al, 2007) la humedad está determinada por las condiciones de secado oscilando entre 10-13% un nivel aceptable, en la tabla 7-3 la humedad del salvado de trigo se encuentra dentro de este rango mientras que en el de soja debido a la temperatura de secado es menor pero a su vez no difiere mucho y se menciona en Bianco et al (2014) que una humedad alta influye de manera determinantemente en su conservación o resistencia al deterioro siendo detonante para una posterior contaminación por lo que valores iguales o menores a estos son aceptables.

La cantidad de carbohidratos totales está directamente relacionada a la cantidad de almidón, por lo que se puede observar que el de soja contiene un 98.89%, siendo mayor al de salvado de trigo que dispone de 98.60%, los valores restantes corresponden a grasa, fibra y proteína que no ocupan juntos más del 2%. Según (Aristizábal et al, 2007) el rango de pureza se encuentra entre 92-96% en contenido de almidón y valores menores son considerados como un proceso de extracción ineficiente, en cuanto a los resultados reflejados las impurezas no llegan ni a 1% separadas por lo cual se considera un almidón de calidad, además estos valores concuerdan con los descritos por (Granados et al, 2014) en el cual analizan almidón de sagú y yuca.

En cuanto al contenido de amilosa en el almidón de soja, se tiene un porcentaje de 39.82% siendo mayor que el de salvado de trigo que corresponde a 33.59%. Estas pequeñas diferencias resultan importantes debido a que según (Rimac, 2019) depende del contenido de amilosa para la formación del bioplástico, por lo que en combinación se utiliza en mayor proporción al almidón de soja por el alto contenido de este polímero.

3.2.4. Análisis fisicoquímico de los almidones

Se realizó un análisis de los almidones para observar su comportamiento y características, obteniendo los resultados que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 8-3: Caracterización del almidón de soja y salvado de trigo

Parámetro	Unidades	Almidón de salvado de trigo	Almidón de soya
Ph		6.65	6.55
Viscosidad	cp	916.80	1765.50
Temperatura de Gelatinización	°C	82.00	78.00
Solubilidad	%	0.68	0.38

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

De acuerdo a los resultados de pH descrito en la tabla 8-3 tanto para el almidón de salvado de trigo como el de soya se encuentran dentro de los niveles aceptables como se describe en la norma NTE INEN 1456 que establece un rango de 6-7.

La temperatura de gelatinización está directamente relacionada a la viscosidad, mayor es su temperatura si su viscosidad es menor, como se observa en la tabla 8-3 el almidón de soya contiene una viscosidad de 1765.50 cp y una temperatura de gelatinización de 78 °C, en cambio el salvado solamente tiene una viscosidad de 916.80 cp por lo cual su temperatura de gelatinización resulta en 82 °C, los valores obtenidos concuerdan con los descritos por (Hernández et al, 2008) en la caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos.

Para la solubilidad (Anderson et al, 1969) establece un rango de 0.27-12.57% encontrándose dentro de este los valores descritos en la tabla, tiene un menor índice de solubilidad el almidón de soya a comparación del salvado de trigo esto según (Aristizábal, 2007) se debe al contenido de almidón y viscosidad, mientras mayor sean estos valores menores será el índice de solubilidad.

3.3. Formulación del bioplástico

Se tomó en cuenta diferentes concentraciones de almidón y glicerina para determinar una concentración alta y baja, aplicando a partir de ellas el esquema general en el cual se obtiene 4 tratamientos, utilizando como constantes ácido acético y agua.

3.3.1. Formulación de bioplástico a partir del almidón de soya

Se utilizó 30ml de agua para iniciar con las determinaciones de las concentraciones de variables y constantes. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 9-3: Formulación para determinar la concentración de variables y constantes

Almidón (g)	Glicerina (ml)	Forma bioplástico	Estabilidad con ácido acético (ml)			
			3.0	2.0	1.5	1.0
2.0	1.0	Si	No	No	No	No
3.0		Si	No	Si	Si	No
4.0		No	No	No	No	No
2.0	2.0	Si	No	No	No	No
3.0		Si	No	Si	Si	No
4.0		No	No	No	No	No
2.0	3.0	No	No	No	No	No
3.0		No	No	No	No	No
4.0		No	No	No	No	No

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Tabla 10-3: Formulación en base a la tabla 9-3

Almidón	Glicerina	Formación de bioplástico	Estabilidad con ácido acético	
			2.0	1.5
2,8	1.0	Si	No	Si
	2.0	SI	No	Si

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Como se observa en la tabla 9-3 solo forman bioplásticos con estabilidad una concentración de almidón de 3g con 1 y 2 ml de glicerina utilizando 2 y 1,5ml de ácido acético. Manteniendo el agua y ácido acético que, si proporcionan estabilidad, se observa en la tabla 8-3 que utilizando 2.8 g de almidón con 1 y 2 ml de glicerina forma una biopelícula estable solamente utilizando 1.5ml de ácido acético.

A través de las tablas 9-3 y 10-3 se obtiene un valor alto de 3g de almidón y 2 ml de glicerina con valores bajos de almidón de 2.8g y 1 ml de glicerina, siendo estas las variables que se manejaron para el diseño 2² en el cual se obtuvieron los siguientes 4 tratamientos, utilizando como constantes 1.5 ml de ácido acético y 30 ml de agua que proporcionan estabilidad para las 2 concentraciones de almidón, obteniendo la formulación óptima que se detalla en la tabla 11-3.

Tabla 11-3: Formulación óptima de bioplástico de almidón de soya

Tratamiento	Variables		Constantes	
	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Ácido acético (ml)	Agua (ml)
ST1	3.0	1.0	1.5	30
ST2	2.8	1.0		
ST3	3.0	2.0		
ST4	2.8	2.0		

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

3.3.2. Formulación de bioplástico a partir del almidón de salvado de trigo

Para la formulación con almidón de salvado de trigo se partió de los resultados del almidón de soya, realizando una reducción en el agua a 25ml por el menor contenido de amilosa y mayor temperatura de gelatinización.

Tabla 12-3: Formulación para determinar la concentración de variables y constantes

Almidón (g)	Glicerina (ml)	Formación de bioplástico	Estabilidad con ácido acético (ml)			
			3.0	2.0	1.5	1.0
2.8	1.0	Si	No	No	No	No
3.0		Si	No	+/-	No	No
3.5		Si	No	+/-	No	No
2.8	1.5	Si	No	No	No	No
3.0		Si	No	+/-	No	No
3.5		Si	No	+/-	No	No
2.8	2.0	No	No	No	No	No
3.0		No	No	No	No	No
3.5		No	No	No	No	No

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Como se puede leer en la tabla anterior, forman bioplásticos concentraciones de 2.8, 3.0 y 3.5g de almidón con 1 y 1.5 ml de glicerina y solo las dos últimas concentraciones de almidón mantiene +/- la estabilidad utilizando 2ml de ácido acético.

Según (Chariguamán, 2015, p.1) la estabilidad de los bioplásticos se debe al contenido de amilosa en el almidón, en este caso el almidón de salvado de trigo contiene baja concentración de amilosa disminuyendo así la estabilidad de la biopelícula, para mejorar esta característica se requirió agregar otro polímero a las formulaciones que forman bioplásticos +/- estables como se observa en la tabla 13-3.

Tabla 13-3: Formulación óptima del bioplástico de almidón de salvado de trigo

Tratamiento	Variables		Constantes		
	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Ácido acético (ml)	Agua (ml)	Gelatina (g)
TT1	3.0	1.5	2.0	25	0.1
TT2	3.0	1.0			
TT3	3.5	1.0			
TT4	3.5	1.5			

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

3.3.3. Formulación de bioplástico de la combinación del almidón de salvado de trigo y soya

3.3.3.1. Formulación óptima de almidones combinados

Para la formulación de la combinación de almidones se utilizó las constantes utilizadas en la elaboración del bioplástico de soya, además se utilizó una concentración alta y baja de almidón y glicerina similares a las formulaciones con la soya y salvado de trigo, obteniendo así la formulación óptima aplicado el esquema general expresada en la tabla 14-3, a partir de la cual se determinó la combinación óptima de los dos almidones.

Tabla 14-3: Formulación óptima del bioplástico de la mezcla de almidón de soya y salvado de trigo aplicado el esquema general

Tratamiento	Variables		Constantes	
	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Ácido acético (ml)	Agua (ml)
MT1	3.3	2.0	1.5	30
MT2	3.0	2.0		
MT3	3.0	1.5		
MT4	3.3	1.5		

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

3.3.3.2. Combinación de almidones óptima para la elaboración del bioplástico

Se utilizó diferentes porcentajes de almidón de soja y salvado de trigo de acuerdo al contenido de amilosa, de los cuales se eligió la mejor combinación de acuerdo a su estabilidad, para esta selección se utilizó la formulación MT1 de la tabla 14-3.

Tabla 15-3: Combinación de almidón de soja y de salvado de trigo para el bioplástico

Ítem	Almidón de soja (%)	Almidón de salvado de trigo (%)	Formación de bioplástico	Estabilidad
A	60	40	SI	NO
B	50	50	SI	NO
C	70	30	SI	SI
D	90	10	SI	NO

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Tras formular con las diferentes concentraciones de los dos almidones descritos en la tabla 13-3, se observa que todas las combinaciones forman bioplástico, pero solamente con una concentración 70:30 (almidón de soja : almidón de salvado de trigo) se mantiene estabilidad, por lo cual a partir de la combinación del ítem C se formulan los 4 tratamientos del bioplástico conforme a la tabla 14-3.

3.4. Datos obtenidos de los bioplásticos

Como se observa en las figuras 1-3, 2-3 y 3-3, se elaboró 3 tipos de bioplásticos, con 4 tratamientos cada uno, utilizando almidón de soja, almidón de salvado de trigo y la combinación de los dos obteniendo diferentes características y comportamiento en cada tipo.



Figura 1-3. Bioplástico de almidón de soja

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.



Figura 2-3. Bioplástico de almidón de salvado de trigo

Realizado por: Chifla, Kevin, 2021.



Figura 3-3. Bioplástico de la combinación de los almidones

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

3.4.1. Resultados de las características físicas de los bioplásticos

La caracterización física se realizó a los 4 tratamientos de los bioplásticos obtenidos a partir de los almidones de soya, salvado de trigo y la combinación de los dos, diferenciándolos y comparándolos entre ellos, los cuales mediante 4 réplicas de cada tratamiento se obtuvo los resultados expresados en las siguientes tablas:

Tabla 16-3: Características físicas del bioplástico de almidón de soya secado a 21 °C por 48

Trat.	Repetición	Tiempo de Elaboración (min)	Biopelícula					
			Peso (g)		Espesor (mm)	Formación de película	Transparencia	Estabilidad
			R	Media				
ST1	R1	2:20	1.55	1.52	0.1	Si	Si	Si
	R2	2:30	1.54		0.1	Si	Si	Si
	R3	2:20	1.48		0.1	Si	Si	Si
	R4	2:30	1.52		0.1	Si	Si	Si
ST2	R1	2:25	1.34	1.39	0.1	Si	Si	Si
	R2	2:28	1.41		0.1	Si	Si	Si
	R3	2:30	1.43		0.1	Si	Si	Si
	R4	2:29	1.38		0.1	Si	Si	Si
ST3	R1	2:10	1.60	1.58	0.1	Si	Si	Si
	R2	2:15	1.60		0.1	Si	Si	Si
	R3	2:20	1.55		0.1	Si	Si	Si
	R4	2:18	1.59		0.1	Si	Si	Si
ST4	R1	2:20	2.02	1.96	0.1	Si	Si	Si
	R2	2:23	1.94		0.1	Si	Si	Si
	R3	2:26	1.91		0.1	Si	Si	Si
	R4	2:27	1.98		0.1	Si	Si	Si

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Cada tratamiento del bioplástico elaborado a partir de almidón de soya de acuerdo a la tabla 16-3 mantienen un espesor de 0.1 valor que se encuentra dentro de los parámetros descritos en la NTE INEN 2542, además mantienen transparencia y conservan estabilidad ya que todas las películas no se deforman ni presentan roturas a lo largo de su diámetro como se observa en la figura 1-3, en cuanto a los parámetros descritos los 4 tratamientos son similares.

Conforme a la tabla 16-3 los pesos de los bioplásticos del tratamiento ST1, ST2 Y ST3 tienen un valor bajo a comparación del tratamiento ST4 el cual es un poco mayor a los demás, debiéndose a que contiene menos almidón y mayor glicerina que las otras formulaciones, según (Días et al, 2007) se debe a que la glicerina forma expeditamente puentes de hidrogeno con las moléculas de agua reteniendo humedad en la estructura, razón por la cual en la biopelícula que contiene mayor glicerol representa mayor peso y la que tiene menor cantidad tiene menor peso.

Tabla 17-3: Características físicas del bioplástico de salvado de trigo secado a 21 ° C por 72 horas en una placa de 62cm²

Trat.	Repetición	Tiempo de Elaboración (min)	Biopelícula					
			Peso (g)		Espesor (mm)	Formación de película	Transparencia	Estabilidad
			R	Media				
TT1	R1	3:23	2.22	2.11	0.1	Si	Lig	Si
	R2	3:32	2.15		0.1	Si	Lig	Si
	R3	3:22	2.14		0.1	Si	Lig	Si
	R4	3:30	1.95		0.1	Si	Lig	Si
TT2	R1	3:25	1.87	1.89	0.1	Si	Lig	Si
	R2	3:28	1.95		0.1	Si	Lig	Si
	R3	3:33	1.83		0.1	Si	Lig	Si
	R4	3:27	1.89		0.1	Si	Lig	Si
TT3	R1	3:13	1.98	1.91	0.1	Si	Lig	Si
	R2	3:14	1.90		0.1	Si	Lig	Si
	R3	3:16	1.83		0.1	Si	Lig	Si
	R4	3:18	1.94		0.1	Si	Lig	Si
TT4	R1	3:30	2.58	2.39	0.1	Si	Lig	Si
	R2	3:29	2.35		0.1	Si	Lig	Si
	R3	3:25	2.17		0.1	Si	Lig	Si
	R4	3:29	2.47		0.1	Si	Lig	Si

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Lig: ligeramente

El tiempo de elaboración depende de la temperatura de gelatinización, mientras mayor sea éste, mayor tiempo requiere, a comparación del bioplástico de almidón de soya, en el bioplástico de salvado de trigo descrito en la tabla 17-3 el tiempo es superior, esto se debe a que el almidón de salvado de trigo tiene una temperatura de gelatinización superior que la soya y al mismo tiempo su viscosidad es menor, lo que provoca esta diferencia.

Conforme al espesor, todos los tratamientos cumplen con los requerimientos de la NTE INEN 2542 manteniendo la forma y estabilidad como se observa en la figura 2-3, en la misma figura se observa al bioplástico de color café que se debe a la tinción que le da el almidón de salvado de trigo por su tonalidad café blanquecina, por lo tanto esta característica provoca la disminución notable en su transparencia, considerándose ligeramente transparente a diferencia del bioplástico de almidón de soya que mantiene su transparencia.

Tabla 18-3: Características físicas del bioplástico de la mezcla, secado a 21 ° C por 48 h

Trat.	Repetición	Tiempo de Elaboración (min)	Biopelícula					
			Peso (g)		Espesor (mm)	Formación de película	Transparencia	Estabilidad
			R	Media				
MT1	R1	2:21	1.99	1.89	0.1	Si	Si	Si
	R2	2:25	1.88		0.1	Si	Si	Si
	R3	2:25	1.89		0.1	Si	Si	Si
	R4	2:15	1.81		0.1	Si	Si	Si
MT2	R1	2:25	2.20	2.26	0.1	Si	Si	Si
	R2	2:23	2.34		0.1	Si	Si	Si
	R3	2:21	2.30		0.1	Si	Si	Si
	R4	2:22	2.18		0.1	Si	Si	Si
MT3	R1	2:23	1.58	1.72	0.1	Si	Si	Si
	R2	2:24	1.82		0.1	Si	Si	Si
	R3	2:26	1.59		0.1	Si	Si	Si
	R4	2:28	1.90		0.1	Si	Si	Si
MT4	R1	2:20	1.98	1.83	0.1	Si	Si	Si
	R2	2:29	1.77		0.1	Si	Si	Si
	R3	2:25	1.77		0.1	Si	Si	Si
	R4	2:29	1.78		0.1	Si	Si	Si

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

De acuerdo a la tabla 18-3 se observa que el tiempo de elaboración, estabilidad y transparencia es similar al bioplástico de almidón de soya, esto se debe a que contiene mayor concentración de dicho almidón. El peso promedio del tratamiento MT2 es superior a los demás debido a que contiene mayor cantidad de glicerina y según (Días et al, 2007) provoca la formación fácil de puentes de hidrógeno con el agua, por lo cual acumula un poco de agua que incrementa el peso del bioplástico como sucedió en el tratamiento ST4.

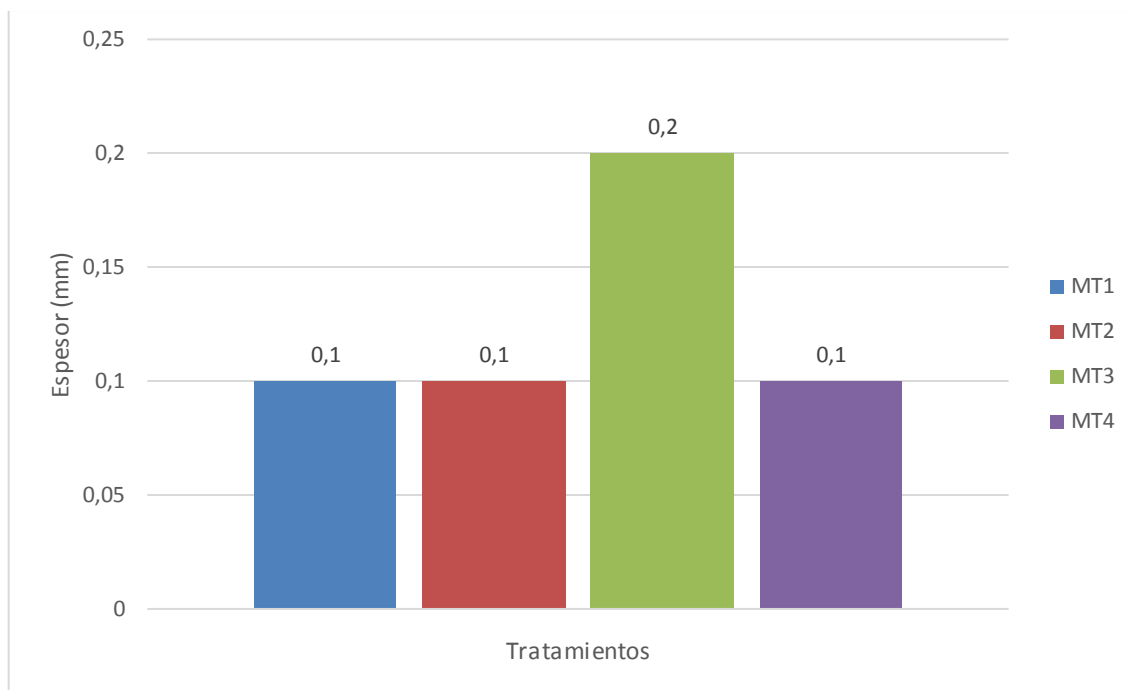


Gráfico 3-3. Espesor de los tratamientos del bioplástico de la combinación de almidones

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Como se observa en el gráfico 3-3 Los tratamientos MT1, MT2 y MT4 mantienen un espesor de 0.1 mm mientras que el MT3 se encuentra en 0.2mm siendo la lámina con mayor espesor, a pesar de esta diferencia estos valores se encuentran dentro de los requerimientos según la norma NTE INEN 2542 de láminas plásticas que exige de 0.1mm-0.2mm, resultando adecuadas para envolturas.

3.4.2. Caracterización fisicoquímica del bioplástico

Para la caracterización del bioplástico se consideró las biopelículas que resultan de la combinación 70%:30% de los almidones de soya y salvado de trigo, a la cual se realizaron 3 réplicas en cada ensayo diferenciando así cada tratamiento de la mezcla, ayudando a la selección del mejor bioplástico para uso como envoltura de alimentos.

3.4.2.1. Porcentaje de humedad

En este análisis de humedad se realizaron 3 réplicas de cada tratamiento de la mezcla de almidones, los resultados se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 19-3: Porcentaje de humedad de los bioplásticos

Tratamiento	%	Promedio (%)
MT1	18.362	20.355
	22.124	
	20.580	
MT2	20.909	21.066
	21.365	
	20.923	
MT3	19.879	19.597
	18.235	
	20.678	
MT4	22.756	20.260
	18.369	
	19.654	

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

En la tabla 19-3 en donde se describe la humedad de los bioplásticos el MT2 contiene mayor porcentaje, esto se debe a que contiene glicerina en mayor cantidad y menos almidón que las otras formulaciones provocando retención de humedad, estos valores van de la mano con el peso de los bioplásticos observados en la tabla 18-3, a pesar de esto todos los valores de humedad de los biofilms son similares entre sí, debiéndose a sus concentraciones de aditivos, estos resultados resultan menores a los obtenidos por (Parra, 2019, p.51) en donde algunos de sus datos son mayores debiéndose a que utiliza en las formulaciones mayor concentración de glicerina y un almidón distinto.

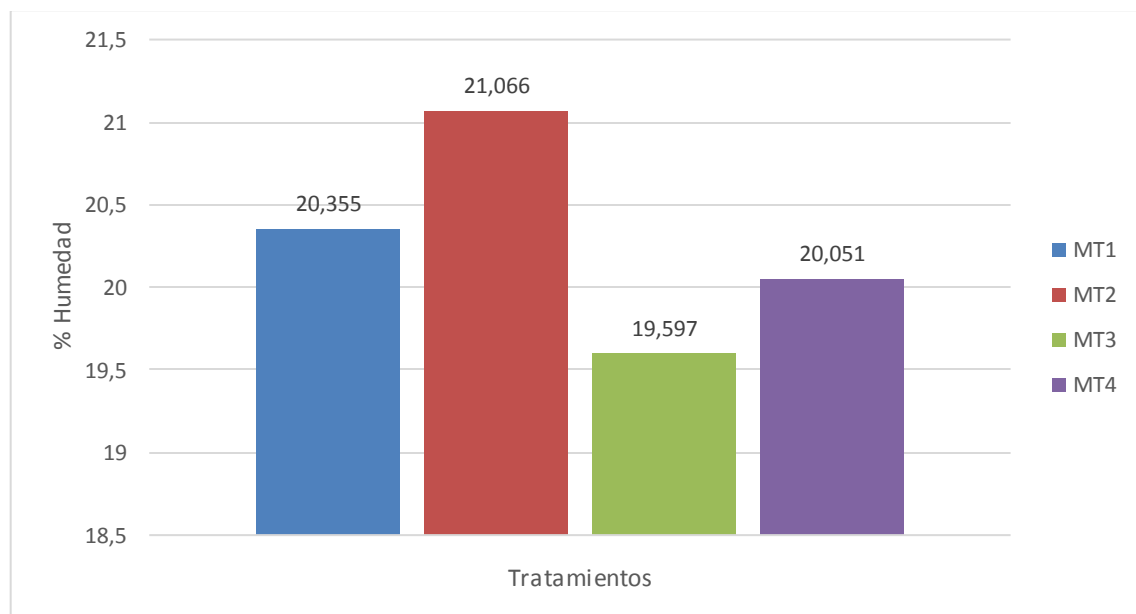


Gráfico 4-3. Promedio de las Humedades de las biopelículas

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Conforme a la gráfica 2-3 basada en la tabla 19-3 se evidencia que los tratamientos con menores humedades y que resultan más adecuados para alargar la degradación son el MT3 seguido del MT4, siendo los que reflejan valores más bajos a comparación del MT2, estos tratamientos con porcentajes bajos permitirá alargar y mejorar el uso como envoltura ya que valores mayores conllevará a una contaminación rápida, como menciona Bianco et al (2014) que la humedad influye en la conservación, a su vez porcentajes muy bajos provocarían que el bioplástico sea muy rígido por lo cual la humedad reflejada en la tabla 19-3 proporcionan estabilidad a la biopelícula.

3.4.2.2. Solubilidad

Se realizó pruebas de solubilidad por triplicado en cada tratamiento, para lo cual se restó la humedad de cada biopelícula, se obtuvieron los siguientes resultados expresados en porcentaje de materia seca. Además, se realizó el análisis de varianza expresado en la tabla 21-3 para evidenciar la variabilidad de los resultados entre tratamientos.

Tabla 20-3: Solubilidad de los bioplásticos

Tratamiento	Pi húmedo (g)	Pi seco (g)	Pf seco (g)	% Solubilidad	Promedio (%)
MT1	0.195	0.158	0.091	42.405	41.925
	0.168	0.137	0.080	41.606	
	0.209	0.170	0.099	41.765	
MT2	0.213	0.176	0.098	44.318	43.944
	0.201	0.167	0.096	42.515	
	0.217	0.180	0.099	45.000	
MT3	0.172	0.142	0.086	39.437	39.959
	0.182	0.150	0.090	40.000	
	0.164	0.136	0.081	40.441	
MT4	0.185	0.152	0.095	37.500	37.321
	0.165	0.135	0.086	36.963	
	0.175	0.144	0.090	37.500	

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Pi: Peso inicial

Pf: Peso final

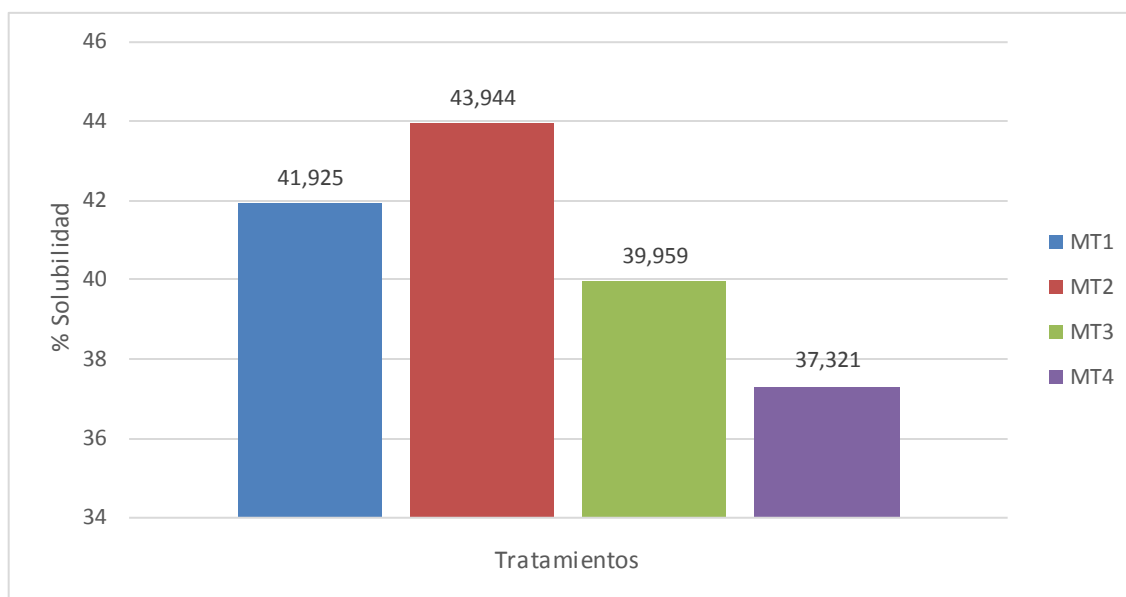


Gráfico 5-3. Promedio de las solubilidades de las biopelículas

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Como se observa en el gráfico 5-3 en base a la tabla 20-3 el tratamiento MT2 tiene mayor porcentaje de solubilidad, esto se debe a que la concentración de glicerina es superior a los otros y ésta según (Días et al, 2007) forma puentes de hidrogeno con el agua facilitando la solubilidad, por lo que MT4 al contener baja concentración de glicerina su solubilidad se encuentra en menor porcentaje a comparación de MT2 por lo cual es más apto para el uso de envolturas ya que es menos soluble soportando así más la conservación.

Tabla 21-3: Análisis de varianza de la solubilidad de las biopelículas

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	71,888231	3	23,9627437	44,033498 5	2,5559E-05	4,0661805 5
Dentro de los grupos	4,353548	8	0,5441935			
Total	76,241779	11				

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

De acuerdo al F calculado en comparación con el crítico observados en la tabla 21-3 se evidencia que existe diferencia significativa entre cada tratamiento, evidenciando lo explicado anteriormente en los resultados de solubilidad razón por la cual se elige como mejor al MT4.

3.4.2.3. Permeabilidad al vapor de agua

Para este ensayo se utilizó tubos con una superficie de 2cm de diámetro con área de $3.14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$, obteniendo así pesos para cada hora y utilizando el espesor obtenido de las pruebas mecánicas, se realizó así el cálculo de permeabilidad al vapor de agua (WVP) hasta 6 horas por triplicado, además se evidenció la diferencia con el análisis de varianza.

Tabla 22-3: Ganancia de peso y permeabilidad al vapor de agua (WVP) en 6 horas

Trat.	1H (g)	2H (g)	3H (g)	4H (g)	5H (g)	6H (g)	WVP (g x mm/h x m ²)	Promedio WVP (g x mm/h x m ²)
MT1	0.008	0.011	0.011	0.016	0.018	0.023	1.830	1.644
	0.007	0.011	0.012	0.019	0.019	0.019	1.512	
	0.008	0.008	0.014	0.014	0.018	0.020	1.592	
MT2	0.008	0.008	0.009	0.011	0.011	0.020	1.698	1.754
	0.008	0.011	0.014	0.015	0.018	0.022	1.867	
	0.006	0.009	0.009	0.013	0.013	0.020	1.698	
MT3	0.004	0.009	0.010	0.014	0.017	0.022	2.323	1.941
	0.005	0.015	0.015	0.019	0.021	0.014	1.485	
	0.007	0.013	0.016	0.017	0.019	0.019	2.016	
MT4	0.008	0.012	0.014	0.016	0.020	0.014	0.891	0.955
	0.006	0.011	0.013	0.014	0.018	0.018	1.145	
	0.008	0.011	0.015	0.016	0.017	0.013	0.828	

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Tabla 23-3: Análisis de varianza de la permeabilidad al vapor de agua de las biopelículas

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1,66806	3	0,556021194	9,0858208	0,00589999	4,0661805
Dentro de los grupos	0,48957	8	0,061196583			5
Total	2,15764	11				

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

No todos los tratamientos resultan en valores similares, de acuerdo a la tabla 23-3 en donde el valor de F calculado es mayor al valor crítico, por consecuencia demuestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos por lo cual se realiza la selección del mejor.

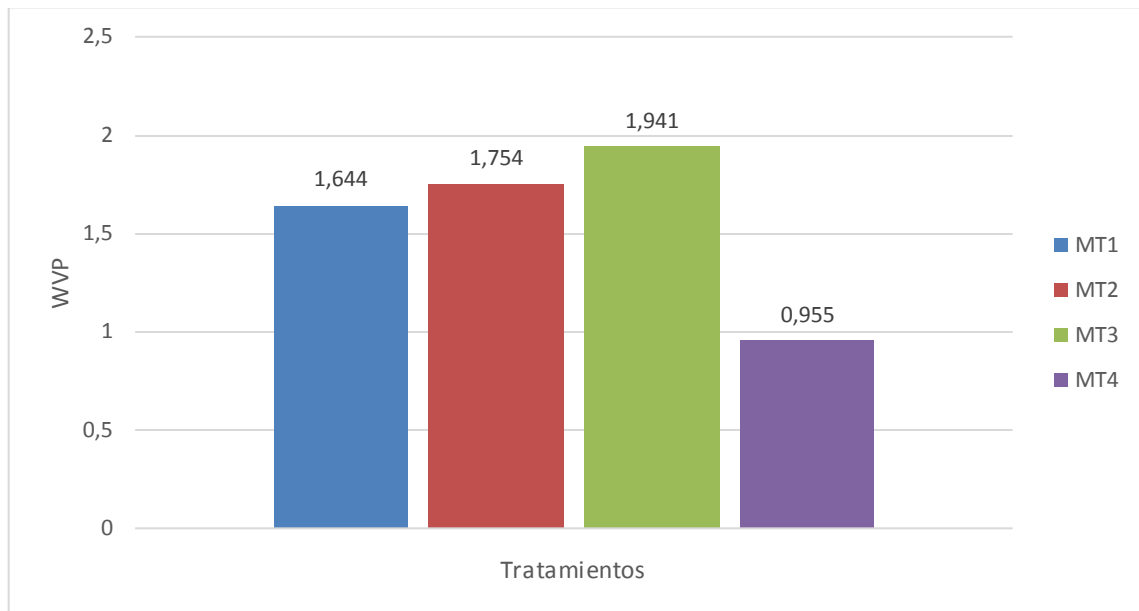


Gráfico 6-3. Promedio de la transmisión al vapor de agua

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

De acuerdo a los resultados de la tabla 22-3 el tratamiento MT4 presenta menos permeabilidad de vapor de agua como se evidencia en el gráfico 4-3 a comparación del MT1, MT2 y MT3 ya que contiene menos glicerol, por ende, no formará fácilmente puentes de hidrogeno con las moléculas de agua para que su permeabilidad incremente (Días et al. 2007).

De acuerdo a estos resultados el MT4 es el más adecuado para envolver alimentos ya que no permitirá el traspaso de vapor de agua al interior y los conservará de mejor manera.

Estos resultados concuerdan a los descritos por (Chariguaman, 2015, p.15) en el estudio de la caracterización de bioplásticos elaborados de almidón por el método de casting.

3.4.3. Propiedades mecánicas del bioplástico de la combinación de almidones

Este ensayo se realizó de las láminas de bioplásticos resultantes de la combinación, en el cual se determinó la calidad mecánica de cada tratamiento obteniendo los siguientes resultados descritos en la tabla 24-3, los cuales se consideran óptimos ya que son láminas obtenidas de polímeros naturales.

Tabla 24-3: Pruebas mecánicas

Tratamiento	Espesor (mm)	Módulo de elasticidad (MPa)	Carga de fluencia (N)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	carga máxima (N)	Esfuerzo máximo (MPa)	Porcentaje de elongación (%)
MT1	0.15	2.41	0.37	0.35	1.44	1.36	4.56
MT2	0.16	3.09	0.63	0.55	2.40	2.08	8.60
MT3	0.20	1.56	0.10	0.08	0.43	0.34	2.80
MT4	0.12	4.20	0.52	0.58	1.18	1.30	2.28

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

El espesor de los bioplásticos se encuentra dentro del rango establecido en la norma ya que la NTE INEN 2542 especifica espesores de 0.1-0.2 mm para láminas bioplásticas.

De acuerdo a (Chariguamán, 2015, p.43) mientras mayor sea el MPa del módulo de elasticidad presentara más rigidez, como se observa en la tabla 24-3 el mayor módulo de elasticidad presenta el MT4, esto se debe a que en su formulación contiene mayor almidón y menor glicerina que los demás, en cuanto el MT3 presenta menos MPa debiéndose a que contiene menor cantidad de almidón y mayor cantidad de glicerina lo que disminuye su rigidez.

En cuanto a la carga de fluencia y esfuerzo de fluencia, se puede decir que los valores obtenidos son óptimos a laminas en base a los resultados descritos por (Chariguamán, 2015, p.30) en el cual sus valores son un poco superiores, esto se debe a su refuerzo con albedo de maracuyá.

La carga máxima y esfuerzo máximo son valores menores a los descritos por (Guamán, 2019, p.45) debiéndose a la calidad del almidón, ya que dicho estudio se realizó con almidón de papa el cual presenta mejor calidad y aumenta la resistencia del bioplástico.

El porcentaje de elongación del MT2 se encuentran en niveles superiores a los demás tratamientos, debido a que en su formulación contiene mayor cantidad de glicerina lo que incrementa su elongación, en cambio presenta menor porcentaje el MT4 debido a que en su formulación contiene menor glicerina y mayor almidón que los demás, por lo cual su módulo de elasticidad es mayor indicando mayor rigidez que los demás, a pesar de tener el MT4 menor porcentaje de elongación presenta características fisicoquímicas adecuadas para la conservación, además que sus otras propiedades mecánicas la hacen aceptable para su uso como envoltura y por eso su elección.

3.4.4. Análisis de espectroscopia infrarroja

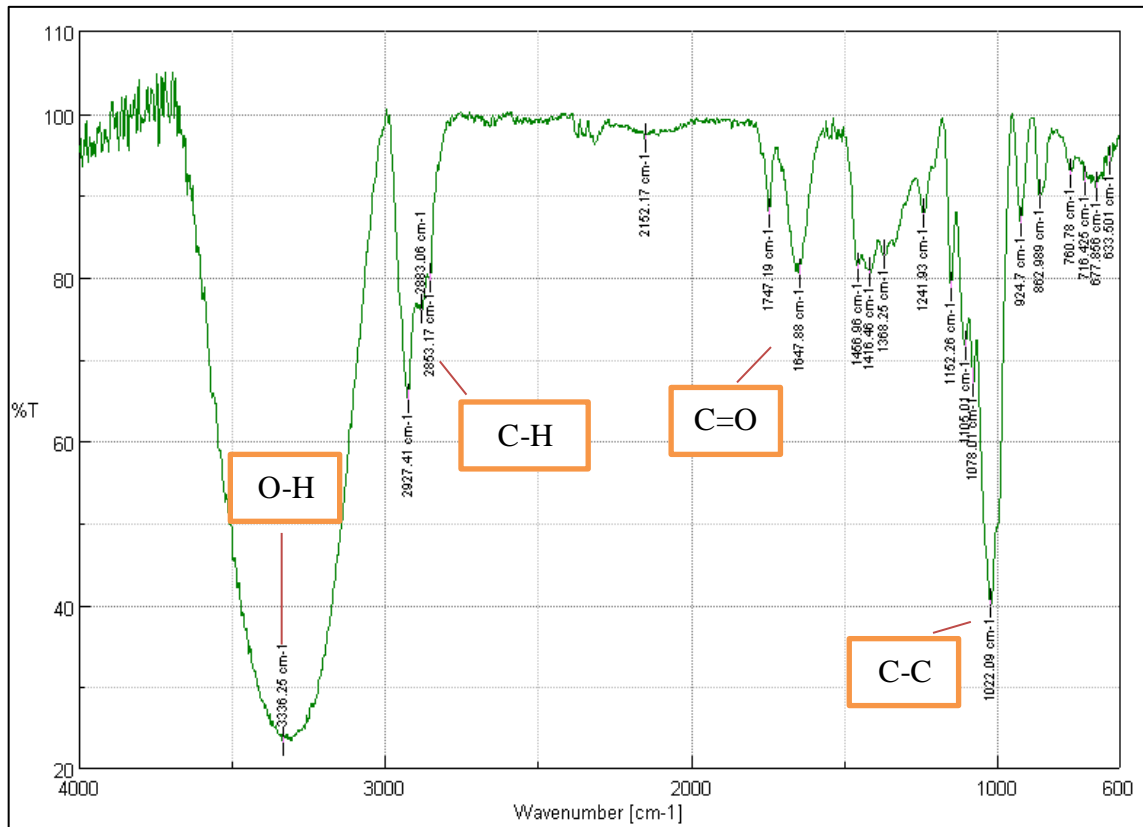


Gráfico 7-3. Espectro Infrarrojo del bioplástico de almidón de soya y salvado de trigo

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Como se observa en el gráfico 1-3 según (Mondragón, 2017, p.33) las bandas formadas pertenecen a los grupos funcionales (O-H, C-H, C=O Y C-C) ya que presentan longitudes de onda típicos de estos grupos. Estos resultados se deben a la formulación del bioplástico ya que contiene agua reflejando el enlace O-H y para el almidón y ácido acético los enlaces C-C, C-H y C=O que son grupos funcionales de su estructura química. Se evidencia así que es un bioplástico por los grupos funcionales que el espectro refleja.

3.4.5. Biodegradabilidad

3.4.5.1. Biodegradabilidad en agua y tierra

Para este ensayo en la biodegradabilidad hidrolítica se trabajó con una temperatura de 20 °C, manteniendo el agua constante y sin movimiento, mientras que la biodegradabilidad en el suelo se llevó bajo condiciones de temperatura ambiente variable entre 18-21°C, en un suelo semihúmedo de pH 6,5 sin exposición al agua.

Tabla 25-3: Biodegradabilidad en agua y suelo al 100%

Tratamiento	Agua (días)	Suelo (días)
MT1	34	25
MT2	37	22
MT3	45	20
MT4	31	28

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

En la tabla 25-3 se expresa los días que tardó el bioplástico en degradarse tanto en agua como en el suelo. En la degradación hidrolítica el MT4 se degradó en tan solo 31 días a pesar de que la solubilidad de la lámina es menor, seguidamente el tratamiento MT1 se degradó en 34 días, estos tratamientos se degradaron más rápido que los otros debido a que tienen mayor concentración de almidón en su formulación, lo cual provocó la absorción de agua a la lámina y por ende su rápida degradación a diferencia del MT3 que contiene menos almidón por lo que tardó 45 días.

La biodegradabilidad en suelo es más rápida a comparación del agua según lo observado en la tabla 23-3, esto se debe a que en el suelo el bioplástico está en contacto con mayor cantidad de microorganismos, por lo que esta lámina bioplástica al ser un compuesto orgánico es degradada rápidamente en el suelo, por lo que se obtiene una degradación rápida en tan solo 20 días demorándose hasta 28 días el tratamiento MT4, a diferencia de la degradación en agua que se demora hasta 45 días en el caso del MT3.

Los resultados obtenidos en la tabla 21-3 para biodegradabilidad en agua se encuentran similares a los descritos por Heredia y Pulgar (2019, pp. 76) en su estudio del bioplástico de almidón de malanga en el cual la biodegradabilidad se encuentra entre 31-35 días. Según la NTE INEN 2643:2012 para 12 semanas ya no debe existir más del 10 % en el suelo, en esta investigación su presencia se halló hasta los 28 días, por lo que cumple con la norma que no supera las 12 semanas degradándose en tan solo 4 semanas.

3.4.5.2. Biodegradabilidad al ambiente

Para obtener estos resultados se tomaron como porcentaje de biodegradación las áreas que se van perdiendo con el paso de los días en medio aerobio bajo una temperatura ambiente de 21°C, con un intervalo de medida de 5 días

La biodegradabilidad es diferente en cada medio, es así que tanto en agua como en tierra se desintegra rápidamente a comparación del ambiente, de acuerdo a la tabla 26-3 a los 45 días el MT2 lleva un porcentaje de 9.67% degradado siendo este mayor a todos los tratamientos y para los 90 días alcanza apenas una degradabilidad de 19.11%, representándose una degradación

promedio del 0.21% diario, soportando más la degradación en el ambiente el MT4 que a los 90 días alcanza el 17.44%.

Tabla 26-3: Biodegradabilidad al ambiente

Tratamiento		Dia						
		0	15	30	45	60	75	90
MT1	Área no degradada (cm ²)	9.00	8.74	8.42	8.15	7.98	7.62	7.32
	% degradado	----	2.89	6.44	9.44	11.33	15.33	18.66
MT2	Área no degradada (cm ²)	9.00	8.75	8.52	8.13	7.85	7.59	7.28
	% degradado	----	2.78	5.33	9.67	12.78	15.67	19.11
MT3	Área no degradada (cm ²)	9.00	8.72	8.43	8.15	7.86	7.58	7.29
	% degradado	----	3.11	6.33	9.50	12.66	15.83	19.00
MT4	Área no degradada (cm ²)	9.00	8.80	8.67	8.25	7.99	7.76	7.43
	% degradado	----	2.22	3.67	8.33	11.22	13.78	17.44

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

A diferencia de lo descrito por Buteler (2019) en el que explica que los plásticos comunes inician a fragmentarse mínimo a partir de los 3 años en este caso los plásticos iniciaron su biodegradación inmediatamente condicionada por microorganismos como se puede observar en la figura 4-3, en la cual se observa el crecimiento de mohos que verifican su biodegradación



Figura 4-3. Crecimiento de moho en los bioplásticos

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

3.4.6. Análisis microbiológico del bioplástico

Se realizó un análisis microbiológico debido a que las láminas de bioplástico están destinadas al uso de envoltura de alimentos, para el cual se utilizó el tratamiento MT4 que resulta de menor solubilidad y permeabilidad al vapor de agua, al ser un recubrimiento debe evitar que atraviese agua al interior de los alimentos y que los altere.

Tabla 27-3: Análisis microbiológico del bioplástico

Microorganismos (UFC/g)	Resultado
Coliformes totales	Ausencia
Coliformes fecales	Ausencia
Mohos y levaduras	Ausencia

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

De acuerdo a (Tubón , 2013, p.57) al no existir ninguna norma específica para microorganismos en bioplásticos se basa en la materia prima polimérica, según la FAO en INCONTEC 4516-1998 el valor óptimo de coliformes fecales y totales en almidón es < 10 UFC/g, mientras que para hongos y levaduras hasta 5000 UFC/g.

En la tabla 27-3 se observa que ninguno de los microorganismos presenta crecimiento por lo cual cumplen con los parámetros expuestos en la FAO, siendo adecuado el tratamiento MT4 para uso como envoltura ya que al tener contacto con los alimentos no afectara al estado del producto contaminándolo con algún microorganismo.

3.4.7. Evaluación del uso como envoltura de alimentos

Tras el análisis microbiológico se evaluó el uso del bioplástico como envoltura de frutas (fresas) a temperatura ambiente (21 °C) y en refrigeración (3 °C), para esto se tomó como puntos de evaluación el estado del alimento bueno-malo (1-6) en cada día.

Para verificar esta prueba se evaluó la envoltura biodegradable (CEB) con la envoltura común (CEC), tomando como patrón el alimento sin envoltura (SE).

Tabla 28-3: Evaluación del uso del bioplástico como envoltura de fresas al ambiente a 21 °C.

Días	CEC	CEB	SE
0	1	1	1
1	1	1	1
2	1	1	2
3	1	1	3
4	2	2	4
5	3	2	6
6	4	3	-
7	5	5	-
8	6	6	-

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

El estado de las frutas va a depender de la conservación que se les dé, según Fernández et al (2015) se aplican las envolturas con el objetivo de extender la vida útil de los alimentos, de acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 28-3 al no aplicar una envoltura a los alimentos estos perecen en tan solo 5 días al ambiente, en cada día el alimento va pereciendo a comparación de los que contienen envolturas, que se tardan 8 días en perecer manteniendo hasta los 5 días un excelente estado. Se observa que al utilizar una envoltura biodegradable mantiene la misma función que la común debido a que al ambiente conservan de manera similar los alimentos.

Tabla 29-3: Evaluación del uso del bioplástico como envoltura de fresas en refrigeración a 3 °C

Días	CEC	CEB	SE
0	1	1	1
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	1	2
5	1	1	2
6	1	1	2
7	1	1	2
8	1	1	3
9	1	1	3
10	2	2	4
11	2	2	4
12	3	3	5
13	3	3	5
14	3	3	6
15	4	4	-
16	4	4	-
17	4	4	-
18	5	5	-
19	5	5	-
20	6	6	-

Realizado por: Chifla, Kevin, 2022.

Como se observa en la tabla 29-3 la conservación en refrigeración sucede de igual forma que en el ambiente, las frutas que no presentan envoltura a los 4 días inician a perecer y al cabo de 14 días ya se encuentran en muy mal estado, mientras con las que contienen envolturas apenas a los 10 días inician a perecer y para los 14 días aún están aceptables; terminan de perecer a los 20 días tanto con las envolturas comunes como con las biodegradables actuando de igual manera.

3.5. Prueba de hipótesis

3.5.1. Hipótesis 1

H0: No Influye las variables revoluciones por minuto (6000-15000) y tiempo de trituración (1min-2min) en la extracción del almidón de salvado de trigo para la elaboración de bioplástico

H1: Influye las variables revoluciones por minuto (6000-15000) y tiempo de trituración (1min-2min) en la extracción del almidón de salvado de trigo para la elaboración de bioplástico

De acuerdo al análisis de varianza del diseño experimental 2k de la extracción del almidón de salvado de trigo expresado en la tabla 2-3, la probabilidad en la interacción de variables es menor al nivel de significancia (α), por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, es decir que influye las diferentes revoluciones por minuto y tiempos de trituración empleados en la extracción del almidón, ya que existe diferencia significativa entre los porcentajes de rendimiento conforme se manipula las variables

3.5.2. Hipótesis 2

H0: No Influye las variables revoluciones por minuto (6000-15000) y tiempo de trituración (45seg-1min) en la extracción del almidón de soya para la elaboración de bioplástico

H1: Influye las variables revoluciones por minuto (6000-15000) y tiempo de trituración (45seg-1min) en la extracción del almidón de soya para la elaboración de bioplástico

De acuerdo al análisis de varianza del diseño experimental 2k de la extracción del almidón de soya descrito en la tabla 3-3, la probabilidad en la interacción de variables es mayor al nivel de significancia (α) por lo tanto se acepta la hipótesis nula, concluyendo que no influye las variables revoluciones por minuto y tiempo de trituración en el porcentaje de rendimiento de extracción del almidón de soya ya que no existe diferencia significativa entre sus valores, se diferencia del salvado de trigo por ser diferentes materias primas.

3.5.3. Hipótesis 3

H0: La permeabilidad al vapor de agua y la solubilidad del bioplástico no influyen en el uso como envoltura de alimentos.

H1: La permeabilidad al vapor de agua y la solubilidad del bioplástico influyen en el uso como envoltura de alimentos.

Como factor determinante sobre la calidad de una envoltura se considera a la permeabilidad al vapor de agua y la solubilidad, por lo que se realizó el análisis de varianza expresados en las tablas 21-3 y 23-3 en las cuales se obtienen para ambos casos que el valor de la probabilidad es menor

al valor de significancia (α), por tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa es decir que la permeabilidad al vapor de agua y la solubilidad si influyen en el uso como envoltura de alimentos ya que existe diferencia significativa entre cada tratamiento, por lo que se selecciona el mejor resultado para una mejor envoltura de alimentos.

CONCLUSIONES

- Se obtuvo bioplástico a través de la extracción de almidones de salvado de trigo y soja con un diseño experimental 2k, utilizando como variables las RPM y tiempo las cuales influyeron significativamente en el porcentaje de rendimiento. De los almidones obtenidos se elaboró un bioplástico con una combinación 70:30 obteniendo cuatro tratamientos, resultó ser el más adecuado como envoltura de alimentos el MT4 ya que no presentó crecimiento de microorganismos, contiene una permeabilidad al vapor de agua y solubilidad bajas lo cual es satisfactorio, ya que mejoró las características de envoltura conservando las frutas de la misma forma que una envoltura común, cumpliendo así el tema de investigación.
- Al realizar el análisis sensorial, proximal, fisicoquímico y microbiológico del almidón de soja y salvado de trigo se caracterizó y evidencio que cada uno de ellos se comporta de diferente manera, debido a que la composición de la materia prima no es igual, motivo por el cual sus características no son las mismas, debido a que presenta mayor viscosidad y menor temperatura de gelatinización, resultando el almidón de soya con mejores características de los dos.
- Mediante fórmulas preliminares se diseñó formulaciones para la obtención de bioplásticos, se utilizó como variables almidón y glicerina mientras que se tomaron constantes al ácido acético y agua, obteniendo 4 formulaciones de cada almidón y su combinación, de los cuales se obtuvieron buenas propiedades fisicoquímicas con una diferencia significativa en cada tratamiento en cuanto a los valores de permeabilidad al vapor de agua y solubilidad, por lo que se consideró mejor al MT4 para su uso como envoltura de alimentos, en cuanto a las pruebas mecánicas el MT2 se considera de mejores características.
- Se evaluó la biodegradabilidad de los bioplásticos en la cual la degradación es mayor que otros estudios, obteniendo para el mejor tratamiento MT4 en agua una degradación del 100 % en 31 días, en tierra una degradación del 100% en 28 días y al ambiente resultó de 17,44% en 90 días. Las características físicas se obtuvieron mediante la estabilidad y espesor requerido de 0.1-0.2 mm por la norma NTE INEN 2542, en las cuales todos los bioplásticos mantienen estabilidad y espesor adecuados siendo similares entre sí. Tras la evaluación de las propiedades mecánicas el MT2 presentó mejores características sin descartar que el MT4 es aceptable. Se evaluó el uso del bioplástico a través de la envoltura de frutas utilizando el mejor tratamiento MT4 en el cual se obtuvo los mismos resultados que un bioplástico común evidenciando que cumple una función similar.

RECOMENDACIONES

- Obtener bioplástico de otras fuentes de almidón con mayor al 5% de rendimiento ya que representa grandes costos.
- Utilizar una estufa específica para almidones evitando así interferencias en la caracterización del almidón mejorando el secado y calidad microbiológica.
- Añadir un aditivo que mejore las propiedades mecánicas de todos los tratamientos y estos tengan mayor resistencia para destinarse a diferentes usos.
- Ampliar la investigación aplicando diferentes métodos enfocados en los temas de biodegradabilidad, mejoramiento de propiedades, evaluación de los diferentes usos que se les puede dar a los bioplásticos a base de almidón de soya y salvado de trigo

GLOSARIO

Bioplástico: Material de origen biológico biodegradable, compostable no dañino para el medio ambiente, constituido por materiales sostenibles principalmente de materia orgánica proveniente de la biomasa de productos agrícolas (Enríquez et al., 2012, p.185).

Biopolímero: Macromoléculas de diferente origen tanto vegetal, animal, petróleo y sintético, están basados en recursos renovables y biodegradables (Rimac, 2019, pp.5-13).

Biomasa: Materia orgánica generada en un proceso o ciclo biológico complejo espontaneo o provocado, procedente de actividades agrarias incluidas las sustancias de origen vegetal y animal, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales de origen biológico (Labeaga, 2018, p. 19).

Biodegradable: Sustancia u materia que puede ser degradada o descompuesta por microorganismos vivos como hongos y bacterias a través de un proceso para obtener fuente de carbono (NTE INEN 2643-2012).

Espectroscopia: Es una técnica analítica experimental que se basa en detectar la emisión o absorción de radiación electromagnética por parte de un material o sustancia que se desea analizar obteniendo como final un espectro de absorción con los compuestos que lo conforman (Mondragón, 2017, p.33).

Permeabilidad: Capacidad de un material para permitir el paso de un lado a otro sin alterar la estructura del mismo, al mismo tiempo es el paso de un fluido a través de el en un tiempo cierto tiempo (Días et al. 2007).

Solubilidad: Es una medida de una capacidad de un material o una sustancia para disolverse en otra y formar un sistema homogéneo (Días et al. 2007).

BIBLIOGRAFÍA

AOAC . *Ash of flour. Association of Analytical Chemists International*. 7ed, Estados Unidos de América, 2000.

ANDERSON, R; et al. *Gelatinisation of corn grits by roll and extrusion cooking*” *Cereal Science Today*, 14, (1969), pp. 4-12.

ALVAREZ, M. *Estandarización de un método para medir la variación del área de la lámina de bioplástico durante el proceso de biodegradabilidad*. Grupo de investigación GIADE. Laboratorio de Investigación ESPOCH, Riobamba -Ecuador, 2021.

ARISTIZABAL, J; et al. *Guía técnica para producción y análisis de yuca*. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO* [en línea]. Roma, 2007. [Consulta: 15 Mayo 2021]. ISSN. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>

AVELLÁN, A; et al. *Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz*”. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios* [en línea], 2020, (Ecuador) 7(1), pp. 1-11. [Consulta: 15 Mayo 2021]. ISSN 2313-7819. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Maria_Riera8/publication/338924872_OBTENCION_DE_BIOPLASTICO_A_PARTIR_DE_ALMIDON_DE_MAIZ_Zea_mays_L/links/5e33432da6fdcc9d96578f77b/OBTENCION-DE-BIOPLASTICO-A-PARTIR-DE-ALMIDON-DE-MAIZ-Zea-mays-L.pdf

BERMÚDEZ, V. *Tecnología energética*. Valencia-España: Universidad Politécnica de Valencia, 2000, pp. 1-312 [Consulta: 28 Junio 2021]. ISBN 8477218684, 9788477218685. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=nDvvjZXNxy0C&pg=PA139&hl=es>

BIANCO, D; et al. “*Determinación de humedad en harina precocida de maíz blanco utilizando un horno de microondas doméstico*”. *Revista del Instituto nacional de Higiene Rafael Rangel* [en línea]. 2014, 45 (2), pp. 50-63. [Consulta: 28 Junio 2021]. ISSN 0798-0477. Disponible en: <http://ve.scielo.org/pdf/inhrr/v45n2/art04.pdf>

BUTELER, M. *¿Qué es la contaminación por Plástico? Desde la Patagonia difundiendo saberes* [en línea], 2019, (Argentina) 16(28), pp. 56-60. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/109678/CONICET_Digital_Nro.9fbc68cb-

0eb2-4000-b7f6-ac241af6e3f0_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

CARRASCO, L; & MOLOCHO, R. *Extracción de almidón* [blog]. Universidad Nacional Autónoma De Chota, 2018. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: <https://es.calameo.com/read/005193087c8fe3b2314cf>

COBANA, M; & ANTEZANA, R. “*Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca*”. *Revista Boliviana de Química* [en línea], 2007, (Bolivia) 24(1), pp.78-84. [Consulta: 28 Junio 2021]. ISSN 0250-5460. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0250-54602007000100014&lng=pt&nrm=iso

CHAQUILLA, G; et al. “*Propiedades y posibles aplicaciones de las proteínas de salvado de trigo*”. *Biotecnología y Ciencias agropecuarias* [en línea], 2017, (México) 12(2), pp. 137-147 [Consulta: 15 Mayo 2021]. ISSN 2007-7521. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/cuat/v12n2/2007-7858-cuat-12-02-137.pdf>

CHARIGUAMÁN, J. *Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (Passiflora edulis spp.)* [En línea] (Trabajo de titulación). (licenciatura), Zamorano-Honduras, 2015. pp. 1-68. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4560/1/AGI-2015-014.pdf>

DIAS, V; et al. “*Effect of glycerol and amylose enrichment on cassava starch films properties*”. *Journal of Food Engineering* [en línea], 2007, 78 (1), p. 941-946. [Consulta: 29 Junio 2021]. ISSN 0798-0477. Disponible en: https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=991

ENRÍQUEZ, M; et al. “*Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón*”. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], 2012, (Colombia) 10(1), pp. 182-192. [Consulta: 15 Mayo 2021]. 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*”. *Revista del laboratorio tecnológico del Uruguay* [en línea], 2009, (Uruguay) (4), pp. 33-36. [Consulta: 20 Junio 2021]. Disponible en: https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1442

FERNÁNDEZ, D; et al. “Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas”. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. [en línea], 2015, (Cuba) 24(3), pp. 52-57. [Consulta: 29 Junio 2021]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v24n3/rcta08315.pdf>

FRED, W; & BILLMEYER, J. *Ciencia de los polimeros* [en línea]. 2 . Barcelona España: Reverté, 1975. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Fe0FEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=polimeros+&ots=e3s_mYjiml&sig=dKMoexa2eul4fBb0psm9Asdz7Ho#v=onepage&q=polimeros&f=false

GARCÍA, A. *Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maiz* [en línea]. San Salvador-El Salvador: ITCA editores, 2015. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: <https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2015-Obtencion-de-un-polimero-biodegradable.pdf>

GÓMEZ , D. *Desarrollo de bioplásticos a partir de subproductos agroalimentarios con aplicaciones en envases y matrices de difusión* [En línea] (Trabajo de titulación). (Doctorado) *Universidad de Huelva*, Huelva-España. 2013. pp. 14-231. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/12612/Desarrollo_de_bioplasticos.pdf?sequence=2

GRACE, M. *Elaboración de la Yuca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y alimentación (FAO)*. Roma, 1977, pp 1-116.

GRANADOS, C; et al. "Propiedades funcionales del almidón de Sagu (*Maranta arundinacea*)". *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], 2014, 12(2), pp. 90-96. [Consulta: 15 Mayo 2021]. ISSN 1692-3561. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612014000200010&script=sci_abstract&tlng=es

HEREDIA, D; & PULGAR, L. *Comparación de dos métodos de extracción de almidón de Colocasia esculenta (Malanga blanca) para la obtención de un polimero biodegradable* [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*,

Riobamba-Ecuador. 2019. pp. 1-162. [Consulta: 15 julio 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13256/1/156T0007.PDF>

HERNANDEZ, M; et al. “*Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México*”. *Ciencia e tecnología de alimentos* [en línea], 2008, 28(3), pp. 718-726. [Consulta: 29 junio 2021]. Disponible en: [https://www.scielo.br/j/cta/a/BFmq3pZQMP33pwHsyNjk9Yf/?format=pdf&lang=es#:~:text=Estructuralmente%2C%20el%20almid%20C3%B3n%20consiste%20de,%2D6\)%20pueden%20estar%20presentes.](https://www.scielo.br/j/cta/a/BFmq3pZQMP33pwHsyNjk9Yf/?format=pdf&lang=es#:~:text=Estructuralmente%2C%20el%20almid%20C3%B3n%20consiste%20de,%2D6)%20pueden%20estar%20presentes.)

ISI 26-5e 1999. *Determination of pH in starch and syrup.*

ISI 17-1e 2002 *Determination of viscosity of starch by Brookfield.*

JIMENÉZ, A. “*Composición y Procesamiento de la Soya para Consumo Humano*” *Universidad Autónoma de Aguas Calientes* [en línea], 2007, 1(37), pp. 35-44. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6110380.pdf>

LABEAGA, A. *Polímeros biodegradables. Importancia y aplicaciones. [En línea] (Trabajo de titulación).* (Maestría) *Universidad Nacional de Educación a Distancia*, 2018. pp.1-48. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga_Viteri_Aitziber_TFM.pdf

LIBERA. *Impacto del abandono del plástico en la naturaleza* [en línea]. *Libera*, 2017. pp. 1-24. Disponible en: https://proyectolibera.org/dondeacabalabasuraleza/img/Impacto-de-los-pl%C3%A1sticos-abandonados_LIBERA-def-1.pdf

MARTINEZ, J; et al. “*Efecto de los desecantes Paraquat y Glufosinato de amonio en el rendimiento y calidad física y fisiológica de semillas de soja (Glycine max L. Merrill)*” *Investigación Agraria* [en línea], 2011, (Paraguay) 13(1), pp. 33-40. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: <http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/209/206>

MAULIDA, S; et al. “*Production of Starch Based Bioplastic from Cassava Peel Reinforced with Microcrystalline*”. *Journal of Physics* [en línea], 2016, (Unated states), pp.1-7. [Consulta: 15 Mayo 2021]. ISSN 1742-6596. Disponible en: <https://cyberleninka.org/article/n/1377155.pdf>

MONDRAGÓN, P. *Espectroscopía de infrarrojo para todos y 51 espectros de alimentos consumidos en México* [en línea]. Jalisco-México, 2017. [Consulta: 29 Junio 2021]. Disponible en: https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_5a43b7c09fdc1.pdf

MORENO, I; et al. *El cultivo de trigo. algunos resultados de su producción en cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas* [en línea], 2001, (Cuba) 22(4), pp. 55-67. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230162009.pdf>

MORRISON, W; & LAIGNELET, B. "An improved colorimetric procedure for determining apparent amylose and total amylose in cereal and other starches". *Journal of Cereal Science*, 1, (1983), pp. 9-20

MUÑOZ, A. "Ácido cítrico: compuesto interesante". *Revista científica de la Universidad Autónoma de Coahuila* [en línea]. 2014, (México) 6(12), pp. 18-23. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: <http://www.actaquimicamexicana.uadec.mx/articulos/12-4%20citricos.pdf>

NTC-ICONTEC4981-2002. *Alimentos para animales. Yuca integral seca para consumo animal*

NTC ICONTEC 4132-1997. *Microbiología. Guía general para el recuento de mohos y levaduras a 25 °C*

NTC ICONTEC 4519-1998. *Microbiología de alimentos. Guía general para el recuento de microorganismos. Técnica de recuento de colonias a 35 °C*

NTC ICONTEC 4516-1998. *Microbiología de alimentos y de alimentos para animales. Guía general para el recuento de coliformes.*

NTE INEN 2643-2012. *Especificación para plásticos compostables.* Quito, Ecuador.

NTE INEN 523 1980-12. *Harinas de origen vegetal. Determinación de grasa.*

NTE INEN 522:2013. *Harinas de origen vegetal. Determinación de fibra cruda.*

NTE INEN 519 1980-12. *Harinas de origen vegetal determinación de la proteína*

NTE INEN 2542:2010. *Laminas plásticas. Requisitos.*

NTE INEN 1456:1986. *Reactivos para análisis. Almidón soluble (para Iodometria). Métodos de ensayo*

NTE INEN 2643:2012. *Especificaciones para plásticos compostables.*

PARRA, J. *Obtención de biofilm a partir del almidón de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y del camote (Ipomoea batatas) como alternativa al uso de material plástico derivado de petróleo.* (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química. (Riobamba-Ecuador). 2019. pp. 1-96. [Consulta: 29 de Junio 2021]. Disponible en: <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/13808/1/96T00573.pdf>

RIMAC, A. C. *Bioplásticos* (Trabajo de titulación). (Ingeniería). [En línea] *Universidad científica*, Lima-Perú. 2019, pp.1-17. [Consulta: 15 de Mayo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/806/TB-Rimac%20A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ROJO, E. *Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global* [en línea]. España: Ecologistas en Acción, 2017. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/56275/2/informe-basuras-marinas.pdf>

ROSALES, A. *Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua.* (Trabajo de titulación). (licenciatura). [En línea] Universidad Autónoma de Nicaragua. (Managua-Nicaragua). 2016. pp 1-79 [Consulta: 28 Junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>

SEBASTIAO, V; & CANEVAROLO, J. *Ciência dos polímeros* [en línea]. Sao Paulo-Brasil: Artliber editora, 2013. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: https://www.artliber.com.br/amostra/ciencia_dos_polimeros.pdf

SHAFQAT, A; et al. “*Synthesis and characterization of starch based bioplastics using varying plant-based ingredients, plasticizers and natural fillers*”. *Saudi Journal of Biological Sciences* [en línea], 2020 (United States), pp.1739-17. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X20306707>

TERRAZAS, J; et al. “Efecto de la temperatura y la humedad relativa en películas biodegradables elaboradas a base de almidón de la raíz tuberizada de la planta del chayote (*Sechium edule* Sw), con adición de celulosa o nanopartículas de celulosa”. [en línea]. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 2015 [Consulta: 20 Junio 2021]. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icap/n2/a1.html>.

TIRADO, D; et al. “Estudio comparativo de dos métodos empleados para la determinación de humedad de varias matrices alimentarias”. Universidad de Cartagena [en línea], 2014, (Colombia) 26 (2), pp.3-10 [Consulta: 20 Junio 2021]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v26n2/art02.pdf>

TORRES, N; & TOVAR, A. “La historia del uso de la soya en México”. *Salud Pública* [en línea]. 2009, (México) 51(3), pp.246-254. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: <https://www.scielosp.org/pdf/spm/2009.v51n3/246-254/es>

TUBÓN, I. *Formulación, elaboración y evaluación de bioenvase para caramelos a base de almidón de yuca, sacarosa y gelatina* (Trabajo de titulación) (Bioquímico farmacéutico). [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2013 [Consulta: 29 Junio 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2572/1/56T00339.pdf>

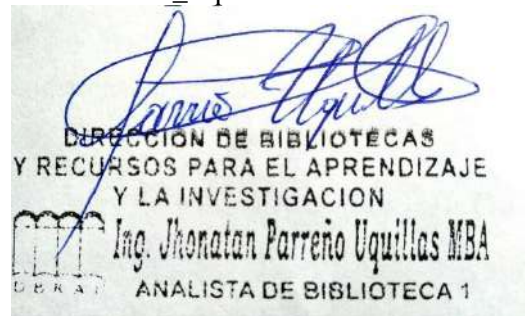
TREJO, ; et al. “Estimación de la permeabilidad al vapor de agua en películas a base de quitosán”. *Revista de la Sociedad Química de México* [en línea], 2001, (México) 45 (1), pp.1-5 [Consulta: 20 Junio 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300031>

TRUJILLO, C. *Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (Manihot esculenta Crantz) doblemente modificado para uso en empaques* (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea] Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. 2014. [Consulta: 29 Junio 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/64206300-Obtencion-de-peliculas-biodegradables-a-partir-de-almidon-de-yuca-manihot-esculenta-crantz-doblemente-modificado-para-uso-en-empaque-de-alimentos.html>

VILLAROEL, P; et al. “Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos”. *Revista chilena de nutrición* [en línea]. 2018 (Chile) 45(3), pp.271-278. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182018000400271>

VERSINO, F; & GARCÍA, M. “Materiales eco-compatibles reforzados a base de almidón de mandioca para aplicaciones agronómicas”. *Revista Materia* [en línea]. 2018 (Brazil) 23(4).

[Consulta: 28 Junio 2021].ISSN 1517-7076 .Disponible en:
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/95342/Materiales_eco-ompatibles_reforzados_a_base_de_almid%C3%B3n_de_mandioca_para_aplicaciones_agron%C3%B3micas.2d39a68a-df63-4d83-9d7b-08405b028824_A.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y



ANEXOS

ANEXO A. EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN

 <p>a)</p>	 <p>b)</p>
 <p>c)</p>	 <p>d)</p>
 <p>e)</p>	 <p>f) g)</p>
<p>a) Pesaje de la soja y salvado de trigo</p> <p>b) Triturado con ácido cítrico</p> <p>c) Sedimentación</p> <p>d) Decantada separación del almidón</p> <p>e) Secado del almidón</p> <p>f) Tamizaje del almidón</p> <p>g) Análisis confirmativo de almidón con Lugol</p>	


ANEXO B. ANÁLISIS DE HUMEDAD Y CENIZAS DEL ALMIDÓN



a) Determinación de humedad de los almidones

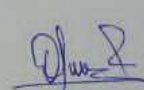

b) Determinación de cenizas de los almidones

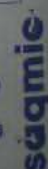
ANEXO C. ANÁLISIS PROXIMAL DEL ALMIDÓN DE SALVADO DE TRIGO


saqmie
LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS


ANÁLISIS PROXIMAL

CÓDIGO 179-21

CLIENTE: Kevin Chifla		
DIRECCIÓN: Riobamba		TELÉFONO: 0998184855
TIPO DE MUESTRA: Almidón de Salvado de trigo		
FECHA DE RECEPCIÓN: 08 de Junio del 2021		
FECHA DE MUESTREO: 08 de Junio del 2021		
EXAMEN FISICO		
COLOR: Característico		
OLOR: Característico		
ASPECTO: Normal, libre de material extraño		
PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
Grasa %	Método gravimétrico por Soxhlet	0.24
Fibra %	Método gravimétrico por digestión ácido-base	0.63
Proteína %	Método volumétrico por Microkjeldhal	0.45
FECHA DE ANÁLISIS: 08 de Junio 2021		
FECHA DE ENTREGA: 23 de Junio del 2021		
RESPONSABLE:		
 Dra. Gina Álvarez R.		
 Servicio de Análisis Químicos y Microbiológicos Dra. Gina Álvarez Telf. 2 924 322 // Cel. 0998580574		
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.		

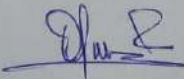


Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: 0998580374 032 942 322
Saqmie Laboratorio
Riobamba - Ecuador


ANEXO D. ANÁLISIS PROXIMAL DEL ALMIDÓN DE SOYA LABORATORIO


saqmic
LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

ANÁLISIS PROXIMAL

CÓDIGO 178-21

CLIENTE: Kevin Chifla		
DIRECCIÓN: Riobamba		TELÉFONO: 0998184855
TIPO DE MUESTRA: Almidón de Soya		
FECHA DE RECEPCIÓN: 08 de Junio del 2021		
FECHA DE MUESTREO: 08 de Junio del 2021		
EXAMEN FISICO		
COLOR: Característico		
OLOR: Característico		
ASPECTO: Normal, libre de material extraño		
PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
Grasa %	Método gravimétrico por Soxhlet	0.16
Fibra %	Método gravimétrico por digestión Acido-Base	0.44
Proteína %	Método volumétrico por Microkjeldhal	0.51
FECHA DE ANÁLISIS: 08 de Junio 2021		
FECHA DE ENTREGA : 23 de Junio del 2021		
RESPONSABLE:		
 Dra. Gina Álvarez R.		
 Servicio de Análisis Químicos y Microbiológico Dra. Gina Álvarez Telf. 2 924 322 // Cel. 0998580374		
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.		


Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador

ANEXO E. ANÁLISIS DE AMILOSA LABORATORIO EXTERNO

MC-LSAIA-2201-06



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
 DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS
 Panamericana Sur Km. 1, Cutugagua Tfs. 2690891-3007134. Fax 3007134
 Casilla postal 17-01-340



INFORME DE ENSAYO No: 21-092

****NOMBRE PETICIONARIO:** Sr. Kevin Chifla
****DIRECCIÓN:** Av. 11 de noviembre y Milton Reyes
FECHA DE EMISIÓN: 14 de mayo de 2021
FECHA DE ANÁLISIS: Del 3 al 14 de mayo de 2021

****INSTITUCIÓN:** Particular
ATENCIÓN: Sr. Kevin Chifla
FECHA DE RECEPCIÓN: 03/05/2021
HORA DE RECEPCIÓN: 11H45
ANÁLISIS SOLICITADO: Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^Ω	**IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1983	
UNIDAD	%	%	
21-0592	6,20	33,59	Almidón de salvado de trigo
21-0593	6,31	39,82	Almidón de soya

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

RESPONSABLES DEL INFORME



Dr. Iván Samaniego
 RESPONSABLE TÉCNICO



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 se encuentra totalmente prohibido. 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, esta 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.

ANEXO F. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL ALMIDÓN

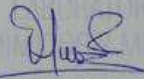




ANEXO G. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN DE SOYA


saqmie
LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

EXAMEN MICROBIOLÓGICO

CÓDIGO 176-21

CLIENTE: Kevin Chifla		
DIRECCIÓN: Riobamba		TELÉFONO: 0998184855
TIPO DE MUESTRA: Almidón de Soya		
FECHA DE RECEPCIÓN: 28 de abril del 2021		
FECHA DE MUESTREO: 28 de abril del 2021		
EXAMEN FISICO		
COLOR: Característico		
OLOR: Característico		
ASPECTO: Normal, libre de material extraño		
PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
<i>Escherichia coli</i> UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
<i>Aerobios mesófilos</i> UFC/ g	Siembra en masa	840
<i>Mohos y levaduras</i> UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
FECHA DE ANÁLISIS: 28 de abril del 2021		
FECHA DE ENTREGA : 03 de mayo del 2021		
RESPONSABLE:		
 Dra. Gina Álvarez R.		
 Servicio de Análisis Químicos y Microbiológicos Dra. Gina Alvarez Telf: 2 924 322 // Cel. 0998580374		
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.		




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

ANEXO H. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN DE SALVADO DE TRIGO



EXAMEN MICROBIOLÓGICO

CÓDIGO 177-21

CLIENTE: Kevin Chifa		
DIRECCIÓN: Riobamba		TELÉFONO: 0998184855
TIPO DE MUESTRA: Almidón de salvado de trigo		
FECHA DE RECEPCIÓN: 28 de abril del 2021		
FECHA DE MUESTREO: 28 de abril del 2021		
EXAMEN FISICO		
COLOR: Característico		
OLOR: Característico		
ASPECTO: Normal, libre de material extraño		
PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
<i>Escherichia coli</i> UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
<i>Aerobios mesófilos</i> UFC/ g	Siembra en masa	830
<i>Mohos y levaduras</i> UFC/ g	Siembra en masa	40
FECHA DE ANÁLISIS: 28 de abril del 2021		
FECHA DE ENTREGA: 03 de mayo del 2021		
RESPONSABLE:		
		
		
Dra. Gina Álvarez R.		
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.		

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador



ANEXO I. FORMULACIÓN DEL BIOPLÁSTICO



ANEXO J. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS BIOPLÁSTICOS

Handwritten notes: *Meccha*

Material	Procedimiento	Temperatura	Alcance	Observaciones	Fecha	Operador	Resultado	Comentarios
PLA	10	25	100	Alcance	10/10	10/10	10/10	10/10
PLA	20	25	100	Alcance	10/10	10/10	10/10	10/10
PLA	30	25	100	Alcance	10/10	10/10	10/10	10/10
PLA	40	25	100	Alcance	10/10	10/10	10/10	10/10
PLA	50	25	100	Alcance	10/10	10/10	10/10	10/10
PLA	60	25	100	Alcance	10/10	10/10	10/10	10/10
PLA	70	25	100	Alcance	10/10	10/10	10/10	10/10
PLA	80	25	100	Alcance	10/10	10/10	10/10	10/10
PLA	90	25	100	Alcance	10/10	10/10	10/10	10/10
PLA	100	25	100	Alcance	10/10	10/10	10/10	10/10

a)



b)



c)

ANEXO K. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS BIOPLÁSTICOS



a)



b)



c)

- a) Determinación de la humedad del bioplástico
- b) Solubilidad del bioplástico
- c) Permeabilidad al vapor de agua

ANEXO L. PROPIEDADES MECÁNICAS MT1 LABORATORIO EXTERNO



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 01	
SOLICITADO POR:	Kevin David Chifla Barraquel
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE BIOPLASTICO A PARTIR DE SALVADO DE TRIGO (Triticum spp) Y SOYA (Glycine max) PARA USO COMO ENVOLTURA DE ALIMENTOS
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. BIQUÍMICA Y FARMACIA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO DE ALMIDÓN DE SOYA Y SALVADO DE TRIGO
MATERIAL:	LAMINA DE BIOPLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 06
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	17-jun-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 Cód IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	I-K
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEOR [mm]	0.15
ANCHURA [mm]	7.09
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCIÓN TRANSVERSAL [mm ²]	1.06
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.411.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.37
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.35
CARGA MAXIMA [N]	1.44
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.36
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	4.56
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:


 Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO M. PROPIEDADES MECÁNICAS MT2 LABORATORIO EXTERNO



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 02	
SOLICITADO POR:	Kevin David Chifla Barraquel
PROYECTO DE TESIS:	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE SALVADO DE TRIGO (<i>Triticum spp</i>) Y SOYA (<i>Glycine max</i>) PARA USO COMO ENVOLTURA DE ALIMENTOS
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. BIOQUÍMICA Y FARMACIA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO DE ALMIDÓN DE SOYA Y SALVADO DE TRIGO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 06
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	17-jun-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MÁRCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	2-K
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.16
ANCHURA [mm]	7.21
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	1.15
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	3.092.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.63
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.55
CARGA MAXIMA [N]	2.40
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.08
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	8.60
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO N. PROPIEDADES MECÁNICAS MT3 LABORATORIO EXTERNO



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
Nº 03	
SOLICITADO POR:	Kevin David Chifla Barraquel
PROYECTO DE TESIS:	*OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE SALVADO DE TRIGO (Triticum spp) Y SOYA (Glycine max) PARA USO COMO ENVOLTURA DE ALIMENTOS
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. BIOQUÍMICA Y FARMACIA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO DE ALMIDÓN DE SOYA Y SALVADO DE TRIGO
MATERIAL:	LAMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 06
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635.012
FECHA DE ENSAYO:	17-jun-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	3-K
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.20
ANCHURA [mm]	6.31
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	1.26
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1,559.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.10
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.08
CARGA MAXIMA [N]	0.43
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0.34
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	2.80
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. MsC.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO O. PROPIEDADES MECÁNICAS MT4 LABORATORIO EXTERNO



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
Nº 04	
SOLICITADO POR:	Kevin David Chifa Barraquel
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE SALVADO DE TRIGO (Triticum spp) Y SOYA (Glycine max) PARA USO COMO ENVOLTURA DE ALIMENTOS
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. BIQUÍMICA Y FARMACIA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO DE ALMIDÓN DE SOYA Y SALVADO DE TRIGO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 06
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635.012
FECHA DE ENSAYO:	17-jun-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006-CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	4-K
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.12
ANCHURA [mm]	7.52
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.90
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	4.209.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.52
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.58
CARGA MAXIMA [N]	1.18
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.30
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	2.28
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:


 Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO P. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO BIOPLÁSTICO LABORATORIO EXTERNO


saqmic
LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

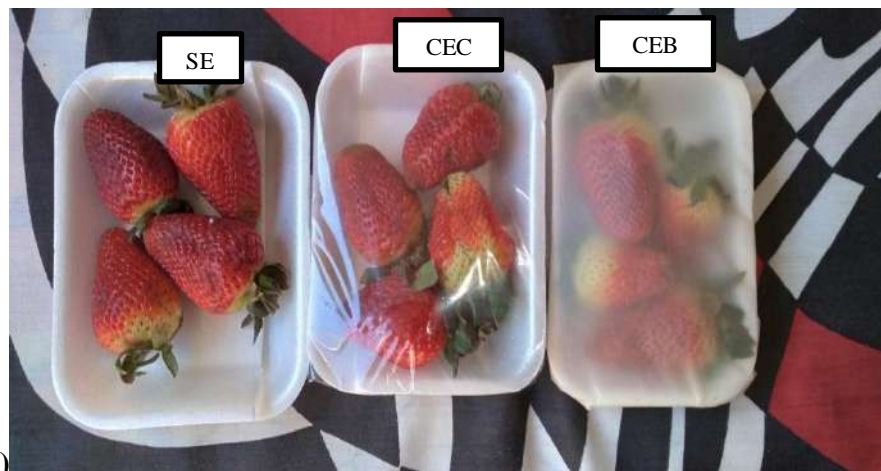
EXAMEN MICROBIOLÓGICO

CÓDIGO 180-21

CLIENTE: Kevin Chiffa		
DIRECCIÓN: Riobamba	TELÉFONO: 0998184855	
TIPO DE MUESTRA: Bioplástico de almidón de: soya y salvado de trigo		
FECHA DE RECEPCIÓN: 23 de Junio del 2021		
FECHA DE MUESTREO: 23 de Junio del 2021		
EXAMEN FISICO		
COLOR: Característico		
OLOR: Característico		
ASPECTO: Normal, libre de material extraño		
PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
Coliformes totales UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
Coliformes fecales UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
Mohos y levaduras UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
FECHA DE ANÁLISIS: 23 de Junio del 2021		
FECHA DE ENTREGA: 29 de Junio del 2021		
RESPONSABLE:		
 Dra. Gina Álvarez R.		
 Servicio de Analisis Químicos y Microbiológicos Dra. Gina Alvarez Telf. 2 024 322 // Cel. 0998580374		
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.		


Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador

ANEXO Q. EVALUACIÓN DEL USO COMO ENVOLTURA AL AMBIENTE



a)

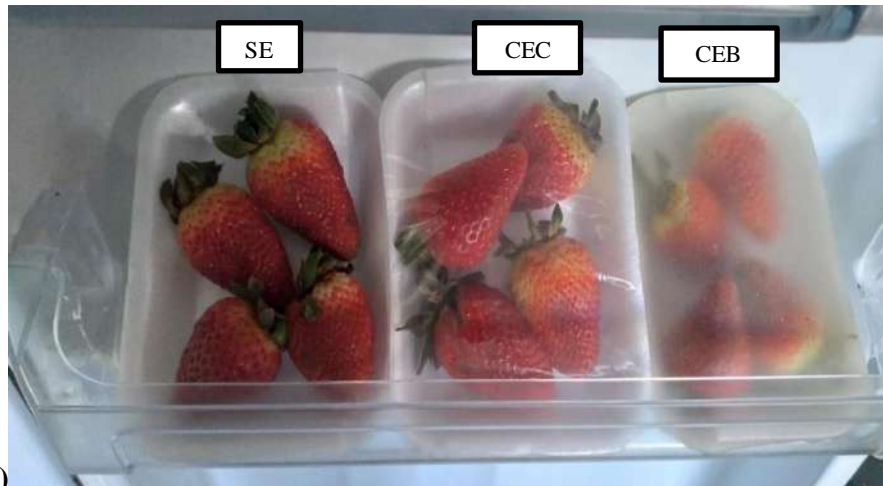


b)

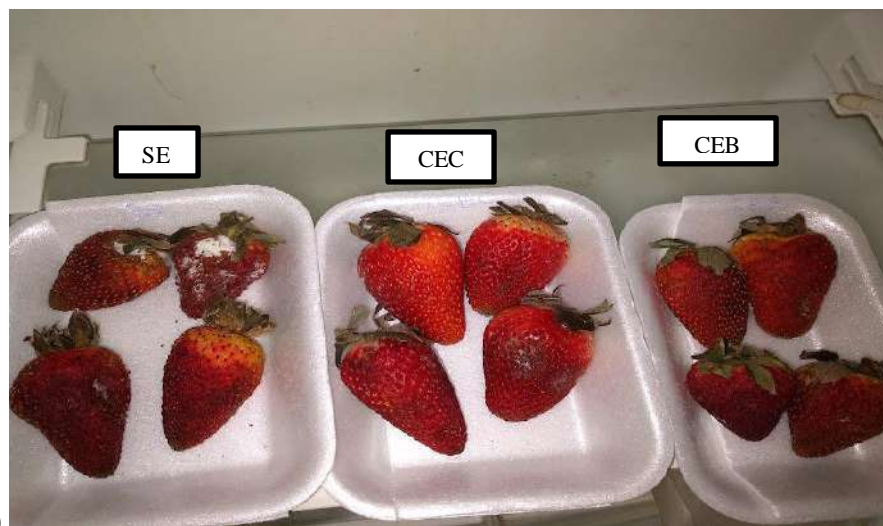
a) Frutas sin envoltura, con envoltura común y biodegradable, proceso inicial

b) Frutas a los 5 días retiradas la envoltura

ANEXO R. EVALUACIÓN DEL USO COMO ENVOLTURA EN REFRIGERACIÓN



a)



b)

a) Frutas sin envoltura (SE), con envoltura común (CEC) y biodegradable (CEB), proceso inicial

b) Frutas a los 14 días retiradas la envoltura

ANEXO S. BIODEGRADABILIDAD DE LOS BIOPLÁSTICOS EN AGUA



ANEXO T. BIODEGRADABILIDAD DE LOS BIOPLÁSTICOS EN TIERRA



a)



b)

a) Degradación inicial

b) Proceso de degradación en distintos días

ANEXO U. BIODEGRADABILIDAD DE LOS BIOPLÁSTICOS EN EL AMBIENTE





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: 06/05/2022

INFORMACIÓN DEL AUTORA (S)
Nombres – Apellidos: <i>Kevin David Chifla Barraquel</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Bioquímica y Farmacia</i>
Título a optar: <i>Bioquímico Farmacéutico</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>



06 / 05 / 2022
0680-DBRA-UTP-2022