



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A
PARTIR DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*) Y
YUCA AMARILLA (*Manihot esculenta*) PARA EL EMBALAJE DE
ALIMENTOS”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: JOSELYN DAYANA PAREDES PAUCAR

DIRECTORA: Ing. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS MSc.

Riobamba – Ecuador

2021

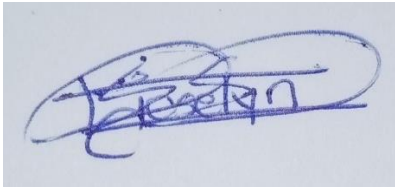
©2021, Joselyn Dayana Paredes Paucar

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

Yo, Joselyn Dayana Paredes Paucar, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi auditoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 29 de noviembre de 2021



Joselyn Dayana Paredes Paucar

060532978-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación, “**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*) Y YUCA AMARILLA (*Manihot esculenta*) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS**”, realizado por la señorita: **JOSELYN DAYANA PAREDES PAUCAR**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
<p>Ing. Segundo Hugo Calderón MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</p>	 <p>Firmado electrónicamente por: SEGUNDO HUGO CALDERON .</p>	<p>29-11-2021</p>
<p>Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos MSc. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</p>	<p>LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS</p>  <p>Firmado electrónicamente por: LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS <small>INSTITUTO VECOM S.A. INSTITUTO DE CERTIFICACIÓN DE INFORMACIÓN Módulo: Ley de Firma de Documento Electrónico Fecha: 2022-01-05 11:56:05</small></p>	<p>29-11-2021</p>
<p>Ing. Darío Fernando Guamán Lozada MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL</p>	 <p>Firmado electrónicamente por: DARIO FERNANDO GUAMAN LOZADA</p>	<p>29-11-2021</p>

DEDICATORIA

La presente investigación se la dedico en su totalidad a mi Padre Celestial por ser mi guía durante todo este trayecto, quien con su luz ha sabido bendecirme y encaminarme para que hoy esté cumpliendo esta meta tan anhelada. A mis maravillosos padres, Oswaldo y Carmita, por ser los forjadores de mi camino, desde pequeña me inculcaron buenos valores y me enseñaron a ser una mujer valiente que nunca se da por vencida, han estado incondicionalmente a mi lado brindándome todo su amor, cariño y paciencia, quiero decirles que son mi fuente de inspiración día a día y que estoy muy agradecida por todo el esfuerzo que han realizado para que lleve a cabo este gran sueño, por eso y muchas cosas más son los mejores padres del mundo y es un privilegio para mí, ser su hija. Este triunfo también es para mi querido hermano Alexis, por demostrarme siempre su amor, ya que desde pequeños siempre ha estado a mi lado compartiéndome todos sus conocimientos, ayudándome en los momentos más difíciles, convirtiéndose así en mi amigo, profesor y mi modelo a seguir.

Joselyn

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecer a mis padres y a mi hermano, por acompañarme durante toda mi formación académica, motivándome a superarme y ser mejor cada día en todos los aspectos de mi vida. Gracias de todo corazón por el enorme esfuerzo que han realizado todos estos años por verme triunfar. Agradezco también a mi familia por tenerme presente en cada una de sus oraciones procurando siempre mi bienestar y por regalarme muchos momentos de alegría que se quedarán guardados por siempre en mi memoria. Y de manera especial y sincera agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme sus puertas, permitiendo así desarrollarme profesionalmente, además de obsequiarme la dicha de conocer a excelentes docentes los cuales con su sabiduría y enseñanzas han enriquecido mi conocimiento. Finalmente quiero agradecer a mis amigos por todas las experiencias vividas durante estos años.

Joselyn

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1. Antecedentes de la Investigación.....	3
1.2. Marco Conceptual o Glosario.....	4
1.2.1. <i>Arracacia xanthorrhiza</i>.....	4
1.2.1.1. <i>Morfología de la planta</i>.....	5
1.2.1.2. <i>Taxonomía</i>.....	5
1.2.1.3. <i>Zonas de cultivo</i>.....	6
1.2.1.4. <i>Composición química de la zanahoria blanca</i>.....	6
1.2.1.5. <i>Valor nutritivo de la zanahoria blanca</i>.....	6
1.2.2. <i>Manihot esculenta</i>.....	7
1.2.2.1. <i>Morfología de la planta</i>.....	7
1.2.2.2. <i>Taxonomía</i>.....	8
1.2.2.3. <i>Zonas de cultivo</i>.....	8
1.2.2.4. <i>Composición química de la yuca amarilla</i>.....	9
1.2.2.5. <i>Valor nutritivo de la yuca amarilla</i>.....	9
1.2.3. <i>Biopelícula</i>.....	10
1.2.4. <i>Polisacáridos</i>.....	10
1.2.4.1. <i>Almidón</i>.....	10
1.2.4.2. <i>Amilosa</i>.....	10
1.2.4.3. <i>Amilopectina</i>.....	11
1.2.5. <i>Clasificación de los bioplásticos</i>.....	12

1.2.5.1.	<i>Bioplásticos procedentes de recursos renovables</i>	12
1.2.5.2.	<i>Polímeros biodegradables basados en monómeros procedentes de la industria petroquímica</i>	12
1.2.5.3.	<i>Bioplásticos sintetizados por vía biotecnológica</i>	12
1.2.6.	<i>Aditivos</i>	12
1.2.6.1.	<i>Ácido acético (C₂H₄O₂)</i>	12
1.2.6.2.	<i>Glicerina</i>	13
1.2.7.	<i>Biodegradabilidad</i>	13
1.2.8.	<i>Método Casting</i>	13
1.2.9.	<i>Biopelículas en el embalaje de alimentos</i>	14

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	15
2.1.	Objetivos	15
2.1.1.	<i>Objetivo General</i>	15
2.1.2.	<i>Objetivo Específicos</i>	15
2.2.	Hipótesis y especificación de variables	15
2.2.1.	<i>Hipótesis General</i>	15
2.2.2.	<i>Hipótesis Específicas</i>	15
2.2.3.	<i>Identificación de variables</i>	16
2.2.4.	<i>Operacionalización de variables</i>	17
2.2.5.	<i>Matriz de Consistencia</i>	18
2.3.	Tipo y Diseño de Investigación	20
2.3.1.	<i>Tipo de Investigación</i>	20
2.3.1.1.	<i>Según el método de investigación</i>	20
2.3.1.2.	<i>Según el objeto de investigación</i>	20
2.3.1.3.	<i>Según el nivel de profundización en el objeto de estudio</i>	20
2.3.1.4.	<i>Según la manipulación de variables</i>	20
2.3.1.5.	<i>Según el tipo de inferencia</i>	20
2.3.1.6.	<i>Según el período temporal</i>	21
2.3.1.7.	<i>Según la condición de estudio</i>	21
2.3.2.	<i>Diseño experimental de la investigación</i>	21

2.3.2.1.	<i>Diseño factorial 2k para la obtención de almidones de yuca amarilla y zanahoria blanca</i>	21
2.3.2.2.	<i>Diseño factorial 2k para la formulación de la biopelícula a partir de almidones de yuca amarilla y zanahoria blanca</i>	21
2.4.	Unidad de Análisis	25
2.5.	Población de Estudio	25
2.6.	Tamaño de Muestra	25
2.7.	Selección de Muestra	25
2.8.	Técnicas de Recolección de Datos	26
2.8.1.	<i>Técnica para la extracción de almidones</i>	26
2.8.1.1.	<i>Técnicas de extracción de almidón de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y de yuca amarilla (Manihot esculenta)</i>	26
2.8.2.	<i>Formulaciones</i>	26
2.8.3.	<i>Caracterización del almidón, determinación de análisis proximal</i>	27
2.8.3.1.	<i>Ph</i>	27
2.8.3.2.	<i>Viscosidad</i>	28
2.8.3.3.	<i>T° de gelatinización</i>	28
2.8.3.4.	<i>Índice de solubilidad</i>	29
2.8.3.5.	<i>Humedad</i>	29
2.8.3.6.	<i>Cenizas</i>	30
2.8.3.7.	<i>Fibra y proteína</i>	30
2.8.3.8.	<i>Carbohidratos totales</i>	30
2.8.3.9.	<i>Amilosa y Amilopectina</i>	30
2.8.3.10.	<i>Levaduras, mohos y coliformes totales</i>	31
2.8.4.	<i>Técnicas de formulación de biopelículas a partir de almidones de yuca amarilla y zanahoria blanca</i>	31
2.8.4.1.	<i>Análisis sensorial</i>	31
2.8.4.2.	<i>Determinación de espesor</i>	31
2.8.4.3.	<i>Humedad</i>	31
2.8.4.4.	<i>Solubilidad del bioplástico</i>	32
2.8.4.5.	<i>Permeabilidad del bioplástico</i>	32
2.8.4.6.	<i>Pruebas de tracción del bioplástico</i>	33
2.8.4.7.	<i>Prueba de biodegradabilidad</i>	33

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
----	-------------------------------------	----

3.1.	Resultados.....	34
3.1.1.	<i>Resultados del diseño factorial 2² en la determinación del tratamiento adecuado según el rendimiento de los almidones</i>	34
3.1.2.	<i>Resultados del análisis proximal, físico-químico y microbiológico del almidón de zanahoria blanca y del almidón de yuca amarilla</i>	39
3.1.2.1.	<i>Resultados del análisis físico-químico del almidón de zanahoria blanca y del almidón de yuca amarilla</i>	39
3.1.2.2.	<i>Resultados del análisis proximal del almidón de zanahoria blanca y del almidón de yuca amarilla.....</i>	41
3.1.2.3.	<i>Resultados del análisis microbiológico del almidón de zanahoria blanca y del almidón de yuca amarilla</i>	42
3.1.3.	<i>Resultado de la determinación del tratamiento óptimo según el diseño factorial para la obtención de las biopelículas</i>	43
3.1.4.	<i>Resultados de la caracterización de los bioplásticos: ensayos físicos, químicos y mecánicos</i>	46
3.1.4.1.	<i>Análisis sensorial de las biopelículas.....</i>	46
3.1.4.2.	<i>Espesor</i>	46
3.1.4.3.	<i>Contenido de humedad</i>	48
3.1.4.4.	<i>Solubilidad.....</i>	49
3.1.4.5.	<i>Permeabilidad</i>	50
3.1.4.6.	<i>Ensayo de tracción</i>	51
3.1.4.7.	<i>Biodegradabilidad.....</i>	53
3.1.5.	<i>Resultados de la aplicación de la biopelícula en alimentos</i>	56
3.2.	Pruebas de Hipótesis	57
3.2.1.	<i>Determinación de las propiedades adecuadas para la biopelícula en el embalaje de alimentos</i>	57
3.2.2.	<i>Determinación de la eficacia de la aplicación del método húmedo en la extracción de almidones, valoración de 4 tratamientos mediante el empleo del diseño factorial 2², formulación de biopelículas mediante la variación de las concentraciones de almidones y glicerina, uso de la biopelícula final obtenida en un producto alimenticio</i>	57

3.2.2.1.	<i>Determinación de la eficiencia de la aplicación del método húmedo en la extracción de almidones de yuca amarilla y zanahoria blanca.....</i>	<i>57</i>
3.2.2.2.	<i>Determinación de la evaluación de 4 tratamientos mediante el empleo del diseño factorial 2² para la extracción de almidones comprobando la idoneidad del material polimérico en las formulaciones de la biopelícula.....</i>	<i>58</i>
3.2.2.3.	<i>Aplicación del diseño experimental 2² con el análisis estadístico ANOVA en función del plastificante y el material biopolimérico para la determinación de la formulación óptima de la biopelícula.....</i>	<i>58</i>
3.2.2.4.	<i>Determinación de la aplicación de la biopelícula sintetizada.....</i>	<i>59</i>
CONCLUSIONES.....		60
RECOMENDACIONES.....		62
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Clasificación taxonómica de la zanahoria blanca.....	5
Tabla 2-1:	Valores Nutricionales de la zanahoria blanca.....	6
Tabla 3-1:	Clasificación taxonómica de la yuca amarilla	8
Tabla 4-1:	Valores Nutricionales de la yuca amarilla.....	9
Tabla 1-2:	Identificación de variables del proceso	16
Tabla 2-2:	Operacionalización de variables en la obtención del almidón y en la formulación de la biopelícula.....	17
Tabla 3-2:	Matriz de Consistencia	18
Tabla 4-2:	Variables y tratamientos para la extracción del almidón aplicando el diseño factorial 2^2	21
Tabla 5-2:	Variables y tratamientos para la formulación de biopelículas aplicando el diseño factorial 2^2	22
Tabla 6-2:	Técnica de extracción de almidón por el método húmedo	26
Tabla 7-2:	Técnica de formulación de biopelículas	27
Tabla 8-2:	Técnica de determinación de pH de almidones.....	27
Tabla 9-2:	Técnica de determinación de viscosidad de almidones	28
Tabla 10-2:	Técnica de determinación de la temperatura de gelatinización de almidones... ..	28
Tabla 11-2:	Técnica de determinación del índice de solubilidad de almidones	29
Tabla 12-2:	Técnica de determinación de humedad de almidones	29
Tabla 13-2:	Técnica de determinación de cenizas de almidones	30
Tabla 14-2:	Técnica de determinación de espesor de biopelículas	31
Tabla 15-2:	Técnica de determinación de espesor de biopelículas	31
Tabla 16-2:	Técnica de determinación de solubilidad de biopelículas	32
Tabla 17-2:	Técnica de determinación de permeabilidad de biopelículas	32
Tabla 18-2:	Técnica de determinación de la biodegradabilidad a las biopelículas obtenidas.	33
Tabla 1-3:	Resultados del diseño factorial 2^2 para la determinación del tratamiento óptimo según el rendimiento del almidón de zanahoria blanca.....	35
Tabla 2-3:	Resultados del diseño factorial 2^2 para la determinación del tratamiento óptimo según el rendimiento del almidón de yuca amarilla	36
Tabla 3-3:	Análisis de resultados ANOVA de la extracción de almidón de zanahoria blanca	37
Tabla 4-3:	Análisis de resultados ANOVA de la extracción de almidón de yuca amarilla	37
Tabla 5-3:	Resultados del análisis físico-químico del almidón de zanahoria blanca.....	39
Tabla 6-3:	Resultados del análisis físico-químico del almidón de yuca amarilla	40

Tabla 7-3:	Resultados del análisis proximal del almidón de zanahoria blanca.....	41
Tabla 8-3:	Resultados del análisis proximal del almidón de yuca amarilla	41
Tabla 9-3:	Resultados del análisis microbiológico del almidón de zanahoria blanca.....	42
Tabla 10-3:	Resultados del análisis microbiológico del almidón de yuca amarilla	42
Tabla 11-3:	Formulaciones usadas en cada tratamiento para la obtención de las biopelículas	43
Tabla 12-3:	Resultados del análisis factorial 2 ² para la formulación de biopelículas a base de almidón de yuca amarilla y zanahoria blanca.....	44
Tabla 13-3:	Resultados del análisis ANOVA para la formulación de las biopelículas.....	45
Tabla 14-3:	Resultados del análisis sensorial realizado a los 4 tratamientos de las biopelículas	46
Tabla 15-3:	Resultados del ensayo de determinación de espesor de las biopelículas.....	46
Tabla 16-3:	Resultados del ensayo de humedad de las biopelículas para los 4 tratamientos	48
Tabla 17-3:	Resultados del ensayo de solubilidad de las biopelículas para los 4 tratamientos	49
Tabla 18-3:	Resultados del ensayo de permeabilidad de las biopelículas para los 4 tratamientos	50
Tabla 19-3:	Resultados del ensayo de tracción de las biopelículas para los 4 tratamientos .	51
Tabla 20-3:	Resultados de biodegradabilidad de la biopelícula en agua	53
Tabla 21-3:	Análisis ANOVA para la biodegradación de las biopelícula en agua	53
Tabla 22-3:	Aspecto de la biodegradación de la biopelícula en agua	54
Tabla 23-3:	Resultados de la biodegradabilidad de la biopelícula en suelo	54
Tabla 24-3:	Análisis ANOVA para la biodegradación de las biopelícula en suelo	54
Tabla 25-3:	Aspecto de la biodegradación de la biopelícula en suelo	55
Tabla 26-3:	Resultados de la biodegradabilidad de la biopelícula en aire	55
Tabla 27-3:	Análisis ANOVA para la biodegradación de las biopelícula en suelo	55
Tabla 28-3:	Análisis sensorial del alimento envuelto con la biopelícula a base de almidón de yuca amarilla y zanahoria blanca.	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Estructura molecular de la amilosa.....	11
Figura 2-1:	Estructura molecular de la amilopectina	11
Figura 3-1:	Estructura química del ácido acético	12
Figura 4-1:	Estructura química del ácido acético	13
Figura 1-2:	Diagrama de flujo del proceso para la extracción de almidones	23
Figura 2-2:	Diagrama de flujo del proceso para la extracción de almidones	24
Figura 1-3:	Tratamientos en la obtención de almidón de zanahoria blanca	38
Figura 2-3:	Tratamientos en la obtención de almidón de yuca amarilla	38
Figura 3-3:	Biopelícula a base de almidón de zanahoria blanca y yuca amarilla (T1).....	45
Figura 4-3:	Ensayo de tracción realizado al tratamiento 2	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Representación gráfica del ensayo de espesor de las biopelículas obtenidas	47
Gráfico 2-3:	Representación gráfica del ensayo del porcentaje de humedad de las biopelículas obtenidas.....	48
Gráfico 3-3:	Representación gráfica del ensayo del porcentaje de solubilidad de las biopelículas obtenidas	50
Gráfico 4-3:	Representación gráfica del ensayo de permeabilidad de las biopelículas obtenidas	51
Gráfico 5-3:	Representación gráfica de la biodegradabilidad en agua.....	53
Gráfico 6-3:	Representación gráfica de la biodegradabilidad en suelo.....	54
Gráfico 7-3:	Representación gráfica de la biodegradabilidad en aire	55

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA AMARILLA (*Manihot esculenta*)
- ANEXO B:** EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA AMARILLA (*Manihot esculenta*)
- ANEXO C:** EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*)
- ANEXO D:** EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*)
- ANEXO E:** CARACTERIZACIÓN DE LOS ALMIDONES DE YUCA AMARILLA Y ZANAHORIA BLANCA
- ANEXO F:** CARACTERIZACIÓN DE LOS ALMIDONES DE YUCA AMARILLA Y ZANAHORIA BLANCA
- ANEXO G:** FORMULACIÓN DE LAS BIOPELÍCULAS A BASE DE ALMIDONES DE YUCA AMARILLA Y ZANAHORIA BLANCA
- ANEXO H:** CARACTERIZACIÓN DE LAS BIOPELÍCULAS OBTENIDAS A BASE DE ALMIDONES DE YUCA AMARILLA Y ZANAHORIA BLANCA
- ANEXO I:** CARACTERIZACIÓN DE LAS BIOPELÍCULAS OBTENIDAS A BASE DE ALMIDONES DE YUCA AMARILLA Y ZANAHORIA BLANCA
- ANEXO J:** APLICACIÓN DE LA BIOPELÍCULA EN EL EMBALAJE DE ALIMENTOS
- ANEXO K:** INFORME DEL INIAP PARA EL CONTENIDO DEL PORCENTAJE DE AMILOSA EN LOS ALMIDONES DE YUCA AMARILLA Y ZANAHORIA BLANCA
- ANEXO L:** INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 1
- ANEXO M:** INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 2
- ANEXO N:** INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 3
- ANEXO O:** INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 4
- ANEXO P:** INFORME DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO PARA EL ALMIDÓN DE YUCA AMARILLA (*Manihot esculenta*)
- ANEXO Q:** INFORME DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO PARA EL ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*)

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue elaborar biopelículas a base de almidones de yuca amarilla (*Manihot esculenta*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), con la finalidad de ser utilizada en el embalaje de alimentos. El proceso inició con la extracción por vía húmeda de los almidones, el cual consistió en lavar, pelar, trocear y licuar los tubérculos para su posterior filtración, sedimentación, decantación, secado, molienda y tamizado; basándose en el diseño experimental 2k, tomando como variables las revoluciones por minuto (alta y baja) y los tiempos de licuado (45 – 60 s), surgiendo así cuatro tratamientos con cuatro repeticiones. Posteriormente se realizó las respectivas caracterizaciones, donde se demostró que eran aptos para ser usados como materia prima en la elaboración de biopelículas, principalmente por el alto porcentaje de amilosa que presentaron y la ausencia total en mohos, levaduras y coliformes fecales. En la formulación de las biopelículas también intervino el diseño factorial 2k, obteniéndose 16 biopelículas; en los cuatro tratamientos se varió el volumen de glicerina (2 - 3 ml) y la cantidad en gramos del almidón de zanahoria blanca (1 - 2 g). Tras la obtención de este material biodegradable, se efectuó una caracterización, la cual sirvió para la selección de la biopelícula más idónea, mediante la prueba de recubrimiento realizada a una fresa, se logró verificar que la biopelícula obtenida cumple con el objetivo de conservar las propiedades organolépticas características del alimento, al formar una barrera que impide el intercambio de humedad del alimento con el ambiente. Por las propiedades presentes en la biopelícula se recomienda realizar modificaciones físicas o químicas, para mejorar las propiedades mecánicas y de barrera a la humedad de las biopelículas, para aumentar el tiempo de conservación de los alimentos.

Palabras clave: <INGENIERÍA QUÍMICA>, <BIOPELÍCULA>, <YUCA AMARILLA (*Manihot esculenta*)>, <ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*)> <ALMIDÓN>, <RECUBRIMIENTO>.



1580-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The objective of this investigation was to produce biofilms based on yellow cassava (*Manihot esculenta*) and white carrot (*Arracacia xanthorrhiza*) starches, in order to be used in food packaging. The process began with the wet way extraction of starches which consisted of washing, peeling, chopping and liquifying the tubers for their subsequent filtration, sedimentation, decantation, drying, grinding and sieving, based on the 2k experimental design, considering as variables the revolutions per minute (high and low) and the blending times (45 - 60 s), resulting in four treatments with four replications. Subsequently, the respective characterizations were carried out, where it was shown that they were suitable to be used as raw material in the production of biofilms, mainly due to the high percentage of amylose they presented and the total absence of molds, yeasts and fecal coliforms. The 2k factorial design also intervened in the formulation of the biofilms, resulting in 16 biofilms; in the four treatments, the glycerin volume (2 - 3 ml) and the amount in grams of white carrot starch (1 - 2 g) varied. After obtaining this biodegradable material, a characterization was carried out, which served to select the most suitable biofilm. Through the coating test carried out on a strawberry, it was possible to verify that the biofilm obtained meets the objective of preserving the organoleptic properties which characterize food, upon forming a barrier that prevents food moisture exchange with the environment. Due to the properties present in the biofilm, it is recommended to carry out physical or chemical modifications, to improve the mechanical and moisture barrier properties of biofilms to increase the food conservation time.

Key words: <CHEMICAL ENGINEERING>, <BIOFILM>, <YELLOW CASSAVA (*Manihot esculenta*)>, <WHITE CARROT (*Arracacia xanthorrhiza*)>, <STARCH>, <COATING>.

ANA GABRIELA REINOSO ESPINOSA
Firmado digitalmente
por ANA GABRIELA
REINOSO ESPINOSA
Fecha: 2021.12.14
18:41:50 -05'00'

INTRODUCCIÓN

Los plásticos son de gran importancia en la sociedad debido a sus múltiples aplicaciones, sin embargo el uso excesivo de estos acarrea grandes problemas a largo plazo para el medio ambiente, ya que se generan una gran cantidad de residuos los cuales tardan en descomponerse, generalmente una bolsa de plástico tarda alrededor de 400 años en degradarse y una botella PET puede tardar hasta 1.000 años en desaparecer, estos residuos terminan acumulándose en los vertederos, océanos, lagos, entre otros, generando la contaminación de suelos y fuentes hídricas, provocando una desestabilización del ecosistema. La única manera para eliminar permanentemente los residuos plásticos es mediante un tratamiento térmico destructivo, como pirólisis. Por lo tanto, la contaminación del medio ambiente es una preocupación creciente a nivel mundial (Lavender et al., 2017, p.2).

Según el informe “El Estado de los Plásticos” presentado en 2018 por La Organización de las Naciones Unidas (ONU Medio Ambiente, 2018, p.1), menciona que se estima que la producción mundial de plástico se disparará alrededor de los próximos 10 a 15 años. En la actualidad se han llevado a cabo varios programas y campañas de concientización acerca del reciclaje, pero no se han obtenido grandes resultados, ya que en este estudio se dio a conocer que solo se ha reciclado 9% de los nueve mil millones de toneladas que se han producido en el mundo, es decir que la cantidad de plástico que se recicla es relativamente bajo al que se desecha.

En el área de conservación de alimentos se identificó un incremento considerable en la utilización de plásticos de un solo uso, mediante un informe publicado en 2020 por Ocean Conservancy que revela que los envoltorios de comida son los elementos que más se encuentran en playas y vías fluviales en todo el mundo, los voluntarios retiraron casi 5 millones de envoltorios de comida en un solo día durante la Limpieza Costera Internacional de 2019, en Ecuador se encontraron 43,632 de estos envoltorios en el océano (Ocean Conservancy, 2020, pp.16-21).

Debido a esta problemática surgen varias líneas de investigación en el desarrollo de formulaciones para la elaboración de biopelículas que aseguren una rápida biodegradación del material después de su uso y que posean propiedades similares a las que ofrecen los plásticos de origen fósil. Los polímeros biodegradables son capaces de transformarse en sustancias sencillas (como puede ser dióxido de carbono y agua) y biomasa a partir de la acción enzimática de microorganismos presentes en el medio (Segura et al., 2007, pp.361-371).

En los últimos años, ha crecido el interés en la investigación y perfeccionamiento de técnicas que permitan desarrollar nuevos y mejores materiales para el envasado de alimentos. Las materias primas más estudiadas para el reemplazo de la producción de plásticos convencionales son los tubérculos que contienen almidón.

Debido al material polimérico presente en la zanahoria blanca y yuca amarilla, con valores aproximados de 60% y 72 % respectivamente, se usan estos productos como base para la

elaboración de biopelículas que serán utilizadas en la conservación de alimentos, lo cual beneficiará al productor y al consumidor ya que sus propiedades organolépticas se mantendrán intactas y prolongará la vida útil de los alimentos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la Investigación

Los plásticos son materiales sintéticos generalmente derivados del petróleo, su importancia dentro de la sociedad radica en las múltiples aplicaciones que ofrecen debido a las propiedades que estos poseen como: un fácil moldeo, bajo costo de producción, baja densidad, son resistentes a la corrosión y a otros factores químicos y biológicos (Segura et al., 2007, pp.361-371).

Sin duda, el uso de los plásticos satisface varias de las demandas actuales del hombre. De acuerdo al uso que se le da a nivel mundial, el mayor porcentaje es destinado a empaques y almacenamiento (39.4%), seguido de usos varios como artículos del hogar, muebles, deportes, etc. (22.4%), el tercer lugar lo ocupa el área de construcción (20.3%), en el siguiente puesto se encuentra la sección de autopartes (8.2%), y en la parte final de la lista se posicionan las áreas de eléctricos-electrónicos y agricultura con 5.5% y 4.2% respectivamente. Por esta razón su producción se ha incrementado extraordinariamente generando enormes cantidades de desechos (Góngora, 2014, pp.6-9).

La contaminación generada por el tiempo que tardan en degradarse los plásticos sintéticos en el medio ambiente (500 años aproximadamente) es uno de los problemas de mayor relevancia del siglo XX, porque afecta tanto al ser humano como a la flora y fauna. Un estudio realizado en el Centro Nacional de California en Santa Bárbara para el Análisis y Síntesis Ecológicos (NCEAS) reveló que todos los años son arrojados 8 millones de toneladas métricas de plástico en los océanos (Cáceres et al., 2019, pp.79-82).

Se han planteado varias estrategias para eliminar definitivamente estos desechos, mediante la combustión de los residuos plásticos, por esta vía, el índice de contaminación hacia el ambiente se mantiene elevado ya que se genera CO₂ y se liberan ciertos componentes químicos; otro método al que se puede recurrir es por medio del reciclaje pero tampoco presenta resultados favorables (Segura et al., 2007, pp.361-371).

A nivel mundial, según un informe emitido por la ONU Medio Ambiente (2018, p.1), señala que en la actualidad sólo el 9% del total de los residuos plásticos generados, son reciclados, mientras que el 12% son sometidos a combustión y la mayor parte de estos (79%), se encuentran esparcidos en el medio ambiente, específicamente en basureros, ríos y vertederos.

En Ecuador el porcentaje de plástico que es reciclado también es muy bajo, como ejemplo se tiene a Guayaquil, una de las ciudades más importantes, en la cual sólo el 9% de los plásticos es reciclado, mientras que el resto no se procesa ni se destruye (Proaño, 2020, pp.13-19).

Para minimizar la contaminación producida por los plásticos, varios países han establecido normativas, prohibiciones o impuestos al uso de los mismos. En nuestro país desde Mayo del 2020, se estableció un impuesto a las fundas plásticas con Progresividad Tributaria comenzando desde el 4% e incrementando anualmente 2% hasta llegar a un impuesto del 10% (Proaño, 2020, pp.13-19).

En búsqueda de una solución para este problema ambiental, varias empresas han incursionado en líneas de investigación de tecnologías verdes para disminuir el impacto generado por dichos desechos. Así surgen los llamados bioplásticos, los cuales son polímeros provenientes de fuentes naturales renovables, para la obtención de biopelículas se puede trabajar con polisacáridos como almidón, celulosa, quitasano: o también se pueden obtener a través de proteínas, lípidos, u otros polímeros como quitina y lignina (Rimac, 2019, pp.3-15).

La extracción de almidón se la puede realizar a nivel artesanal o industrial y se cuenta principalmente con 2 métodos: por vía seca o por vía húmeda. El método seco consiste básicamente en secar el fruto o tubérculo para su posterior molienda y tamizado, mientras que el método húmedo se basa en la reducción de tamaño del tubérculo (trituration) para proceder a retirar componentes más grandes que el almidón con la ayuda de un disolvente (H₂O, NaOH, entre otros) durante un lapso de tiempo, posteriormente se decanta el líquido y como punto final se tiene el secado del almidón (Carrasco y Vásquez, 2018, pp.5-9).

Se han realizado diversos estudios para la elaboración de biopelículas utilizando como materia prima: papas, yuca, maíz, arroz, plátano, entre otros. Según Navia (2011, p.82), la obtención de biopelículas a partir de almidón de yuca presenta un gran rendimiento, debido a la considerable cantidad de amilasa presente en el almidón, siendo el material polimérico que se encarga de mejorar las propiedades mecánicas y de barrera de las películas biodegradables.

Un estudio realizado por (Chuiza et al., 2020, pp.981-994), en el cual se elabora plástico biodegradable a partir de zanahoria blanca, establecen que para la extracción de almidón de dicho tubérculo el método más idóneo es por vía húmeda, en el cual se obtuvo un 10.94% de amilosa y 89.06% de amilopectina, siendo necesario el uso de una mayor cantidad de almidón para la elaboración de la biopelícula para obtener resultados favorables.

1.2. Marco Conceptual o Glosario

1.2.1. Arracacia xanthorrhiza

Comúnmente conocida como zanahoria blanca, tiene su origen en la región andina y es considerada como una de las plantas más antiguas cultivadas en América, pertenece a la familia Umbeliferae, en la cual se ubica también al apio y la zanahoria amarilla (Barrera et al., 2004, pp.6-7).

La zanahoria blanca es un tubérculo que puede adoptar distintas formas: cónica, ovoide y fusiforme, posee un color blanco o amarillo y generalmente se la encuentra entre 1500 y 3000 m s.n.m. Se suele cultivar en suelos con un pH entre 5-6, con un clima templado.

Cabe destacar que es una planta perenne, por lo que resulta rentable, el rendimiento del cultivo en Ecuador es de 5000 kilogramos por hectárea, es decir que se producen anualmente entre 12000 y 24000 toneladas de estos tubérculos (Cuzco y Guambaña, 2019, pp.19-24).

1.2.1.1. Morfología de la planta

La zanahoria blanca es una planta que generalmente llega a alcanzar un metro de altura, las partes a destacar son: tallo, hojas, raíz, flores y cepas.

- Tallo: su forma es cilíndrica con aproximadamente 10 cm de diámetro y está compuesta por una cepa cilíndrica corta, la cual está cubierta por varios surcos transversales, formando una superficie rugosa (Rodríguez, 2010, p.14).
- Hojas: el número de hojas por planta oscila entre 55 y 95. Los pecíolos son largos de colores verde, púrpura o vino (Rodríguez, 2010, p.14).
- Raíz: las raíces son comestibles, adoptan formas ovoides, cónicas o fusiformes, y pueden ser de color amarillo, blanco o púrpura. El diámetro y la longitud varía entre 3-8 cm y 8-20 cm, respectivamente (Jordán, 2018, p.21). Cabe resaltar que las plantas con raíces amarillas son más resistentes a los cambios climáticos, mientras que las plantas con raíces blancas presentan una menor resistencia (González, 2016, p.15).

1.2.1.2. Taxonomía

Tabla 1-1: Clasificación taxonómica de la zanahoria blanca

CARACTERÍSTICAS	
REINO	Plantae
DIVISIÓN	Spermatophyta
SUBDIVISIÓN	Magnoliatae (Dicotiledónea)
CLASE	Magnoliatae
SUBCLASE	Rosidae
ORDEN	Umbelales
FAMILIA	Umbelliferae
SUBFAMILIA	Apioideae
GÉNERO	<i>Arracacia</i>
ESPECIE	<i>A. xanthorrhiza</i>
NOMBRE COMÚN	Arracacha, racacha, apio criollo, zanahoria blanca

Fuente: (Higuera y Prado, 2013, p.11).

1.2.1.3. Zonas de cultivo

En el Ecuador, la producción de zanahoria blanca es solo para consumo interno, es decir que no existe exportación de este producto, las provincias que constituyen las principales zonas de abastecimiento de esta planta en el país son: Azuay (17%), Pichincha (27%), Tungurahua (35%) y el 21% faltante se distribuye minoritariamente en las provincias de Imbabura, Cotopaxi, Morona Santiago y el resto del Ecuador (Parra, 2018, p.7).

1.2.1.4. Composición química de la zanahoria blanca

Entre los principales componentes se encuentran:

- Almidón: está presente dentro del tubérculo con un valor entre 10 y 25%.
- Macroelementos: en este grupo destacan el fósforo y el potasio
- Microelementos: la zanahoria blanca posee un alto contenido de hierro, cobre y manganeso, superando a los presentes en oca y papa (Parra, 2018, p.7).

1.2.1.5. Valor nutritivo de la zanahoria blanca

Tabla 2-1: Valores Nutricionales de la zanahoria blanca

PRODUCTO - ZANAHORIA BLANCA			
Composición por cada 100 g de parte comestible			
	COMPONENTE	UNIDAD	CANTIDAD
1	Energía	kcal	40.00
2	Proteínas	g	0.90
3	Hidratos de Carbono	g	7.30
4	Fibra	g	2.90
5	Vitamina A	µg ER	1.35
6	Vitamina B6	mg	0.15
7	Folatos	µg	10.00
8	Vitamina C	mg	6.00
9	Vitamina E	mg	0.50
10	Calcio	mg	41.00
11	Fósforo	mg	37.00
12	Magnesio	mg	13.00
13	Hierro	mg	0.70

14	Potasio	mg	255.00
15	Cinc	mg	0.30
16	Grasa total	g	0.20
17	Grasa saturada	g	0.04
18	Sodio	mg	77.00

Fuente: (Jordán, 2018, p.21).

1.2.2. *Manihot esculenta*

El nombre común que se le atribuye a esta planta varía de acuerdo al país de su procedencia, conocida como yuca, mandioca, manioc, mañoco, suahili, cassava o tapioca. La yuca es originaria del continente americano, produciéndose desde Estados Unidos hasta Argentina (Aguilar et al, 2017, p.96).

Se divide a la yuca por el color de su raíz, teniendo así tres variedades de este tubérculo:

- Negras: en este grupo resalta el color oscuro de la raíz, mientras que la pulpa posee un color blanco, tienen un gran rendimiento por consiguiente son demandadas tanto en el mercado nacional como en el internacional.
- Blancas: en este caso, el tallo y la pulpa son de color blanco.
- Amarillas: finalmente, este grupo se diferencia de los anteriores por el color de la pulpa, la cual puede ser amarilla, crema o blanco cremoso mientras que el tallo puede presentarse de color claro u oscuro (Hinojosa et al, 2014, p.14).

1.2.2.1. *Morfología de la planta*

La yuca es una planta perenne que posee flores masculinas y femeninas en el mismo tallo, puede medir de 1 a 5 metros, su principal característica es que posee tallos semileñosos (Suárez y Mederos, 2011, pp.27-35).

- Raíz: una parte de las raíces son fibrosas mientras que la otra parte son tuberosas, esto debido a que adquieren grosor por la presencia y acumulación de almidón (Pérez y Rodríguez, 2019, p. 1689).
- Tallo: tiene forma cilíndrica con un rango de diámetro de 2 a 6 cm. La edad de la planta influye en el color y diámetro del tallo, es así que se puede distinguir 3 tipos de colores: gris-plateado, morado y amarillo verdoso. El tallo está formado por nudos y entrenudos, el largo de los entrenudos sirven como un registro del desarrollo de la planta, ya que permiten deducir las condiciones y eventos que lo influyeron (Pérez y Rodríguez, 2019, p. 1689).

- Hojas: “Las hojas son simples y están compuestas por la lámina foliar y el pecíolo. La lámina foliar es palmeada y profundamente lobulada. El número de lóbulos en una hoja es variable y por lo general impar, oscilando entre 3 y 9. Los lóbulos miden entre 4 y 20 cm de longitud y entre 1 a 6 cm de ancho; los centrales son de mayor tamaño que los laterales” (Pérez y Rodríguez, 2019, p. 1689).
- Fruto: tiene forma de cápsula, generalmente de 1 a 2 cm de diámetro (Pérez y Rodríguez 2019).
- Semilla: mediante la semilla se da la reproducción de la planta, tiene forma ovoide-elipsoidal de 1 cm de largo, 6 mm de ancho y 4 mm de espesor (Pérez y Rodríguez, 2019, p. 1689).

1.2.2.2. Taxonomía

Tabla 3-1: Clasificación taxonómica de la yuca amarilla

CARACTERÍSTICAS	
REINO	Plantae
DIVISIÓN	Spermatophyta
SUBDIVISIÓN	Angiospermae
CLASE	Dicotyledoneae
ORDEN	Euphorbiales
FAMILIA	Euphorbiaceae
SUBFAMILIA	Manihotae
GÉNERO	<i>Manihot</i>
ESPECIE	<i>Manihot esculenta</i>
NOMBRE COMÚN	Yuca amarilla, mandioca, guacamota o casava

Fuente: (Pérez y Rodríguez, 2019, p. 1690).

1.2.2.3. Zonas de cultivo

En el Ecuador, se cultiva la yuca principalmente en la región amazónica, pero se puede encontrar también en la región costera y en los valles bajos de la Sierra. Resulta ser rentable ya que es una planta perenne tolerante a plagas y sequía. Se posicionan cerca del nivel del mar, hasta una altura aproximada de 1620 m s.n.m.

Es tolerante a un rango de temperatura entre los 17 y 30°C, el suelo en el cual se desarrolla necesita tener un pH entre 5.5 y 7.5 además de contar con un buen drenaje. Adicionalmente estos cultivos necesitan de fotoperiodos de 10 a 12 horas luz para mejorar su producción (Muñoz et al., 2017, p.7). Según (Pérez y Rodríguez, 2019, p.1692), señalan que la producción mundial de yuca en el año 2016 es alrededor de 277.1 millones de toneladas de raíces frescas, con un rendimiento de 11.8 toneladas por hectárea. Específicamente en El Ecuador, en este mismo año, la producción de yuca rondó aproximadamente en cien mil toneladas.

1.2.2.4. Composición química de la yuca amarilla

El componente más importante de esta planta es el almidón, el cual se encuentra en la raíz adulta de la yuca, la mayor cantidad de almidón se localiza en el núcleo de la raíz, pero también se puede encontrar gránulos de almidón en la capa interna de la corteza. El contenido de dicho componente variará debido a varios factores como la edad del cultivo, suelo y clima. Generalmente el rango de almidón encontrado en las raíces esta entre el 18 y el 36% (Rojas, 2012, p.111).

Otro componente a destacar en las raíces de yuca, es el cianuro (genera compuestos tóxicos), el cual está presente en cantidades variables, dependiendo de si la yuca es dulce o amarga. EL cianuro se encuentra principalmente (90%) como un glucósido cianogénico (linamarina); el resto es cianuro libre (Pérez y Yépez, 2009, p.57).

1.2.2.5. Valor nutritivo de la yuca amarilla

Tabla 4-1: Valores Nutricionales de la yuca amarilla

PRODUCTO - YUCA AMARILLA			
Composición por cada 100 g de parte comestible			
No.	COMPONENTE	UNIDAD	CANTIDAD
1	Energía	kcal	141.00
2	Proteínas	g	0.90
3	Hidratos de Carbono	g	39.10
4	Fibra	g	1.00
5	Vitamina A	mg	1.67
6	Vitamina D	mg	-
7	Yodo	µg	-
8	Glúcidos	g	34.10
9	Vitamina B12	mg	-
10	Folatos	µg	0.00
11	Vitamina C	mg	56.00
12	Vitamina E	mg	0.00
13	Calcio	mg	30.00
14	Fósforo	mg	0.06
15	Hierro	mg	0.50
16	Grasa total	g	0.10

Fuente: («Composición Nutricional de yuca amarilla», 2005, p.5).

1.2.3. Biopelícula

Es una matriz continua delgada que se emplea como sustituto de los plásticos convencionales en el embalaje de alimentos y medicinas. Sus propiedades varían de acuerdo al material polimérico utilizado en su formulación. Las principales características de esta película es que su espesor es menor a 1 mm y el tiempo que tardan en degradarse es corto (Velázquez y Guerrero, 2013, p.36).

1.2.4. Polisacáridos

1.2.4.1. Almidón

El almidón es un carbohidrato de reserva de energía de las plantas, está compuesto por cadenas de glucosa, una con estructura lineal llamada amilosa y otra denominada amilopectina de estructura ramificada.

Las fuentes principales de este polisacárido son los cereales, tubérculos, hojas, semillas de leguminosas y frutas, su concentración varía con el estado de madurez. Raíces y tubérculos contienen un mayor porcentaje de almidón (60 – 90%) (Hernández et al., 2008, pp.718-726).

La extracción de almidón de cereales conlleva un proceso industrial complejo comparado con la extracción de los tubérculos en el cual solo se necesita de operaciones unitarias como molienda, reducción de tamaño, tamizado, sedimentación, decantación y secado (Alarcón y Dufour, 1998, pp.9-12).

1.2.4.2. Amilosa

“La amilosa es un polímero de estructura lineal formado por unidades de glucosa unidas por enlaces α (1-4), e incluso se pueden presentar varios enlaces α (1-6). Este polímero es insoluble en agua” (Hernández et al., 2008, pp.718-726).

Por su estructura lineal hace favorable la producción de biopelículas resistentes. El contenido de amilosa presente en los almidones es bajo comparado al porcentaje de amilopectina. Este varía entre 12-27% (Salas, 2018, p.21).

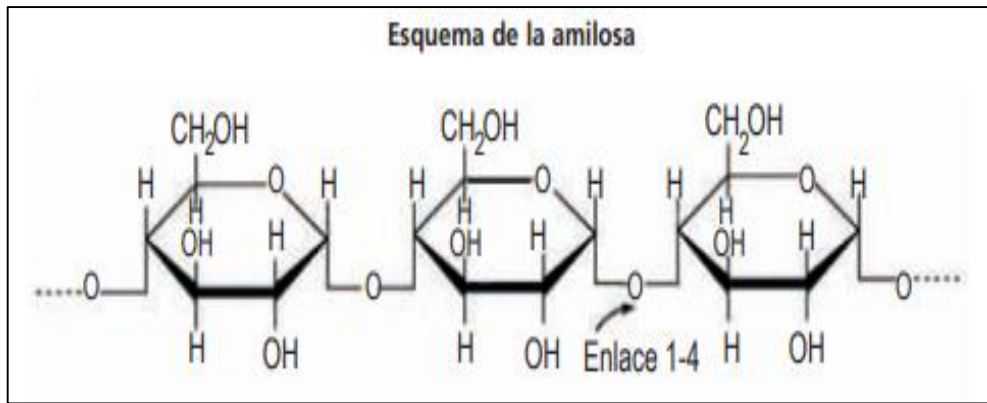


Figura 1-1: Estructura molecular de la amilosa

Fuente:(Villarroel et al. 2018, p.273).

1.2.4.3. Amilopectina

“Es un polímero de cadena ramificada compuesta por la unión de cadenas lineales, las cuales están formadas de 15 a 35 moléculas de glucosa, enlazadas por enlaces α -D-(1 \rightarrow 4). Los puntos de ramificación están formados por la unión de las cadenas mediante enlaces α -D-(1 \rightarrow 6). Estos enlaces α -D-(1 \rightarrow 6) están presentes en pequeñas cantidades (5-6%) en la amilopectina y cuentan con aproximadamente 100 000 moléculas de glucosa” (Aristizábal y Sánchez, 2007, pp.33-34).

Al contrario de la propiedad que ofrece la amilosa, la amilopectina no favorece en la formación de biopelículas resistentes y flexibles (Aristizábal y Sánchez, 2007, pp.33-34).

Presenta una parcial solubilidad en agua y es el componente de mayor proporción en el almidón, varía entre 73-88% (Villarroel et al, 2018, p.271).

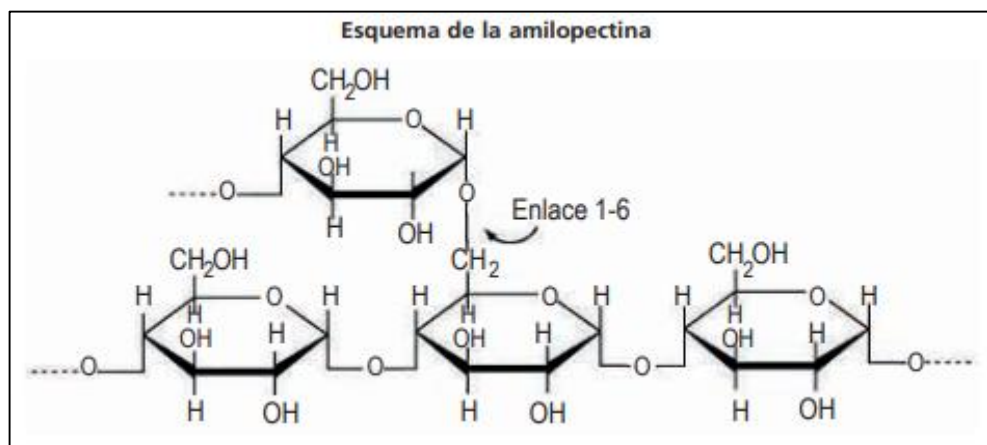


Figura 2-1: Estructura molecular de la amilopectina

Fuente: (Villarroel et al, 2018, p.272).

1.2.5. Clasificación de los bioplásticos

1.2.5.1. Bioplásticos procedentes de recursos renovables

Son polímeros extraídos directamente de la biomasa, entre ellos están los polisacáridos como almidón y celulosa o proteínas como caseína, queratina y colágeno (Meza, 2016, p.68).

1.2.5.2. Polímeros biodegradables basados en monómeros procedentes de la industria petroquímica

Son considerados como bioplásticos porque cumplen con los estándares de la norma INEN 1342 para biodegradabilidad y compostaje de plásticos y productos plásticos. Sus principales representantes son los poliésteres alifáticos y alifáticos - aromáticos así como el poli(alcohol vinílico) y las poliéster-amidas (Río et al., 2007, p.37).

1.2.5.3. Bioplásticos sintetizados por vía biotecnológica

“Se aplica la bioingeniería ya que son polímeros sintetizados por microorganismos bajo condiciones ambientales específicas. Los principales polímeros obtenidos por este método son los llamados poli (hidroxialcanoatos) (PHA)” (Fernando, 2015, p.72).

1.2.6. Aditivos

1.2.6.1. Ácido acético ($C_2H_4O_2$)

Comúnmente llamado vinagre, es un líquido incoloro, de olor intenso que presenta solubilidad al agua, es recomendado su uso en la elaboración de bioplásticos ya que actúa como modificador químico, es decir que al contacto con el almidón se produce una reacción de esterificación, la cual ayudará a disminuir el carácter hidrofílico del almidón, mejorando así las propiedades térmicas y mecánicas del bioplástico. Su fórmula química es CH_3COOH (Rosales, 2016, p.79).

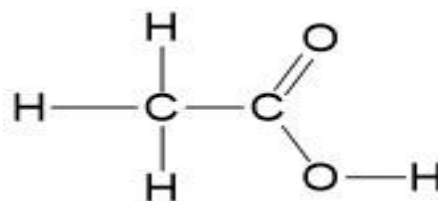


Figura 3-1: Estructura química del ácido acético

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

1.2.6.2. *Glicerina*

Es un compuesto líquido, viscoso, incoloro, ligeramente dulce y posee un olor característico. Conocido también como glicerol, es un alcohol que posee tres grupos hidroxilos (-OH), por los cuales adquiere la propiedad higroscópica, es decir que le permite absorber la humedad atmosférica. Esta sustancia es apreciada industrialmente porque no es tóxica y presenta solubilidad al agua y alcoholes. (Lafuente, 2017, p.11).

La glicerina actúa como plastificante, al entrar en contacto con el almidón, le proporciona suavidad y humectación a la biopelícula. Además se comporta como lubricante, permitiendo la movilidad de las cadenas poliméricas. (Guamán, 2019, p.31).

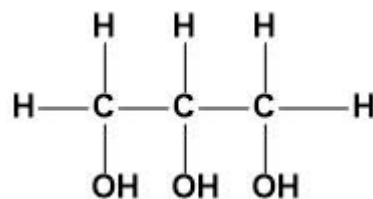


Figura 4-1: Estructura química del ácido acético

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

1.2.7. *Biodegradabilidad*

Los bioplásticos surgen como una alternativa sostenible para contrarrestar el impacto ambiental generado por los plásticos sintéticos, ya que al ser de origen orgánico, permite que ciertos microorganismos (hongos y bacterias) degraden estos materiales en su totalidad a un corto plazo. Siendo la biodegradabilidad un proceso en el que intervienen microorganismos para transformar los bioplásticos en dióxido de carbono, agua, metano y biomasa. Esta biodegradación se encuentra dividida en 2 categorías: biodegradación primaria y biodegradación secundaria. En la biodegradación primaria suelen aparecer diminutas alteraciones estructurales en la molécula original, lo que da paso a la pérdida de las propiedades físico-químicas. Mientras que en la biodegradación secundaria, intervienen microorganismos que metabolizan la sustancia química, transformándola en compuestos inorgánicos. Esta descomposición puede ser aeróbica o anaeróbica (Rodríguez, 2012, pp.69-72).

1.2.8. *Método Casting*

Denominado también como vaciado en placa, es un proceso mediante el cual se mezcla y se agita constantemente el biopolímero con agua y aditivos, hasta obtener la solución deseada para su posterior vertido en un molde por un cierto tiempo, hasta que complete su reacción, curado o

endurecimiento. Al final el líquido se transforma en un objeto rígido adoptando la forma de dicho molde (Rutiaga, 2002, p.150).

1.2.9. Biopelículas en el embalaje de alimentos

En el área de alimentos surge el interés por mantener estos productos frescos por un mayor tiempo, conservando las propiedades organolépticas y nutritivas. Por lo cual nace la necesidad de mejorar las propiedades de los materiales que sirven como embalaje de los mismos.

Actualmente los bioplásticos se encuentran en auge a nivel mundial, los biopolímeros más empleados para la elaboración de bioplásticos son los bio-polietileno, seguidos de las mezclas en base a almidón biodegradable (Figuroa et al., 2019, p.19).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Objetivos

2.1.1. *Objetivo General*

Obtener y caracterizar una biopelícula a partir de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y yuca amarilla (*Manihot esculenta*) para el embalaje de alimentos.

2.1.2. *Objetivo Específicos*

- Extraer almidón de la zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y yuca amarilla (*Manihot esculenta*) mediante el método húmedo con operaciones de triturado, decantado natural y tamizado.
- Evaluar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de los almidones extraídos de zanahoria blanca y yuca amarilla.
- Realizar una formulación óptima para la elaboración de biopelículas a base de los almidones de zanahoria blanca, yuca amarilla y aditivos.
- Utilizar la biopelícula obtenida para la envoltura de alimentos.

2.2. Hipótesis y especificación de variables

2.2.1. *Hipótesis General*

La biopelícula elaborada a partir de los almidones de zanahoria blanca, yuca amarilla y aditivos reunirá las características necesarias para recubrir alimentos conservando sus propiedades organolépticas.

2.2.2. *Hipótesis Específicas*

H1: Es posible extraer cantidades considerables de almidones de yuca amarilla y zanahoria blanca mediante el método de extracción por vía húmeda.

H2: Las variaciones del tiempo y la velocidad (RPM) de trituración influyen en el rendimiento de los almidones obtenidos.

H3: La variación de las cantidades del material biopolimérico (almidones) y plastificante (glicerina) en la formulación presentan cambios significativos en la resistencia de la biopelícula.

H4: La biopelícula obtenida presentará propiedades similares al plástico convencional en el embalaje de alimentos, conservando sus propiedades organolépticas.

2.2.3. Identificación de variables

Tabla 1-2: Identificación de variables del proceso

N°	Etapas del proceso	Variables dependientes	Variables independientes
1	Extracción del almidón	<ul style="list-style-type: none"> • Obtención del almidón 	<ul style="list-style-type: none"> • Revoluciones por minuto • Tiempo de trituración
2	Obtención de biopelícula	<ul style="list-style-type: none"> • Formulación de la biopelícula 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de almidón • Porcentaje de plastificante

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

2.2.4. Operacionalización de variables

Tabla 2-2: Operacionalización de variables en la obtención del almidón y en la formulación de la biopelícula

N°	Proceso	Variables	Tipo de variable	Definición operacional	Categorización	Indicadores	Instrumentos de medición / Técnica o método
1	Extracción de almidón	Obtención del almidón	Dependiente	Proceso mediante el cual se obtendrá los almidones de yuca amarilla y zanahoria blanca	Pruebas en el laboratorio	Porcentaje de amilosa y amilopectina (%)	Análisis proximal
		Revoluciones por minuto	Independiente	Magnitud física encargada de medir el número de rotaciones por unidad de tiempo	Trituración de yuca amarilla y zanahoria blanca	Velocidad alta y baja (rpm)	Licuadora
		Tiempo de trituración	Independiente	Magnitud física que mide la duración de acontecimientos	Tiempo de licuado en la extracción de almidón	Segundos (s)	Cronómetro
2	Obtención de biopelícula	Formulación de biopelícula	Dependiente	Elaboración de un producto mediante la combinación de diversas materias primas de origen sintético o natural.	Porcentajes de formulación	Composición de los reactivos (g) Temperatura (°K) Tiempo de secado (s)	Pruebas físicas, químicas, mecánicas y microbiológicas
		Porcentaje de almidón	Independiente	Porción en gramos del material polimérico a utilizar	Medida de formulación	para Peso (g)	Balanza
		Porcentaje de plastificante	Independiente	Cantidad de glicerina a utilizar para moldear la mezcla.	Medida de formulación	para Volumen (ml)	Probeta

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

2.2.5. Matriz de Consistencia

Tabla 3-2: Matriz de Consistencia

ASPECTOS GENERALES				
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general		
¿Se logrará obtener una biopelícula a partir de material polimérico con características similares a un plástico de origen fósil?	Obtener y caracterizar una biopelícula a partir de zanahoria blanca (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>) y yuca amarilla (<i>Manihot esculenta</i>) para el embalaje de alimentos.	El material polimérico obtenido de la zanahoria blanca y yuca amarilla reunirán las características necesarias para la formulación de una biopelícula.		
ASPECTOS ESPECÍFICOS				
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variables de las hipótesis específicas	Técnicas de recolección de datos
¿Es posible extraer almidón de yuca amarilla y zanahoria blanca por vía húmeda?	Extraer almidón de la zanahoria blanca (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>) y yuca amarilla (<i>Manihot esculenta</i>) mediante el método de decantación natural por vía húmeda.	H1: Es posible extraer cantidades considerables de almidones de yuca amarilla y zanahoria blanca mediante el método de extracción por vía húmeda.	Variables Dependientes <ul style="list-style-type: none"> • Obtención del almidón • Formulación de biopelícula 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Viscosidad • T° de gelatinización • Densidad • Humedad • Cenizas • Índice de solubilidad • Fibra • Proteína • Carbohidratos totales • Amilosa y amilopectina • Hongos • Levaduras y mohos
¿Los almidones cumplen con las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas para ser considerados materias primas de calidad?	Evaluar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de los almidones extraídos de zanahoria blanca y yuca amarilla.	H2: Las variaciones del tiempo y la velocidad (RPM) de trituración influyen en el rendimiento de los almidones obtenidos		

¿Cuál es la formulación óptima para la obtención de una biopelícula?	Realizar una formulación óptima para la elaboración de biopelículas a base de los almidones de la zanahoria blanca, yuca amarilla y aditivos.	H3: La variación de las cantidades del material biopolimérico (almidones) y plastificante (glicerina) en la formulación presentan cambios significativos en la resistencia de la biopelícula.	<ul style="list-style-type: none"> • Coliformes totales • Espesor • Transparencia • Peso • Estabilidad
¿La biopelícula obtenida es apta para el embalaje de alimentos?	Utilizar la biopelícula obtenida en el embalaje de alimentos	H4: La biopelícula obtenida presentará propiedades similares al plástico convencional en el embalaje de alimentos, conservando sus propiedades organolépticas	Variables Independientes <ul style="list-style-type: none"> • Revoluciones por minuto • Tiempo • Concentración de almidón • Concentración de glicerina <ul style="list-style-type: none"> • Revoluciones alta y baja • Secado al ambiente • Medición para formulación

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

2.3. Tipo y Diseño de Investigación

2.3.1. Tipo de Investigación

2.3.1.1. Según el método de investigación

La investigación es exploratoria debido a que tiene el propósito de ampliar, investigar e interpretar resultados mediante pruebas y análisis de los almidones obtenidos de yuca amarilla y zanahoria blanca.

2.3.1.2. Según el objeto de investigación

Es una investigación teórica ya que reúne datos teóricos para dar paso a nuevos conceptos generales relacionados con los almidones de yuca amarilla y zanahoria blanca y su uso en la formulación de biopelículas que servirán para el embalaje de alimentos.

2.3.1.3. Según el nivel de profundización en el objeto de estudio

La investigación es descriptiva porque describe las características fisicoquímicas y organolépticas, del almidón de yuca amarilla y zanahoria blanca con el fin de asegurar que este material polimérico sea óptimo para la elaboración de biopelículas en el embalaje de alimentos.

2.3.1.4. Según la manipulación de variables

Es una investigación experimental ya que los almidones de yuca amarilla y zanahoria blanca, deberán ser caracterizados previo a las formulaciones, una vez obtenida la formulación adecuada de bioplástico esta deberá ser sometida a varios análisis físicos, químicos, mecánicos y microbiológicos.

2.3.1.5. Según el tipo de inferencia

Es una investigación inductiva, porque la obtención de una formulación adecuada de biopelícula se genera a partir de lo particular para llegar a una formulación generalizada.

2.3.1.6. Según el período temporal

La investigación resulta ser transversal debido a que el estudio se realizará en un determinado tiempo donde se generará una solución al problema planteado al inicio.

2.3.1.7. Según la condición de estudio

Es una investigación documental porque se lo realizará utilizando varios medios de consulta como tesis, libros, artículos y revistas que permiten una adecuada selección de la bibliografía.

2.3.2. Diseño experimental de la investigación

Se aplica el diseño factorial 2^k , tanto para la extracción de los almidones como para la formulación de la biopelícula.

2.3.2.1. Diseño factorial 2^k para la obtención de almidones de yuca amarilla y zanahoria blanca

En este diseño 2^2 se trabajará con 2 variables, las cuales son el tiempo de licuado expresado en segundos, se variará entre 45 y 60 s, y la revoluciones por minuto, teniendo una revolución alta y una baja, generando así combinaciones de RPM A: 45, RPM A: 60, RPM B: 45, RPM B: 60, es decir que se obtienen 4 tratamientos con sus respectivas 4 repeticiones.

Tabla 4-2: Variables y tratamientos para la extracción del almidón aplicando el diseño factorial 2^2

Variable dependiente	Variables independientes			Tratamientos	
Extracción de almidón	Tiempo de triturado (s)	45	60	T1	45 s; alta
				T2	60 s; alta
	RPM	Baja	Alta	T3	45 s, baja
				T4	60 s, baja

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

2.3.2.2. Diseño factorial 2^k para la formulación de la biopelícula a partir de almidones de yuca amarilla y zanahoria blanca

De igual forma para la elaboración de las biopelículas se trabaja con el diseño factorial 2^2 , teniendo como variables la cantidad de almidón de zanahoria blanca (1-2 g) y la concentración de

glicerina a utilizar (2-3ml), obteniéndose 16 láminas biodegradables por los 4 tratamientos generados y las 4 repeticiones.

Tabla 5-2: Variables y tratamientos para la formulación de biopelículas aplicando el diseño factorial 2^2

Variable dependiente	Variables independientes			Tratamientos	
Formulación de la biopelícula	Plastificante (ml)	2	3	TP1	(1 g – 2 ml)
				TP2	(1 g – 3 ml)
	Almidón de zanahoria blanca (g)	1	2	TP3	(2 g – 2 ml)
				TP4	(2 g – 3 ml)

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

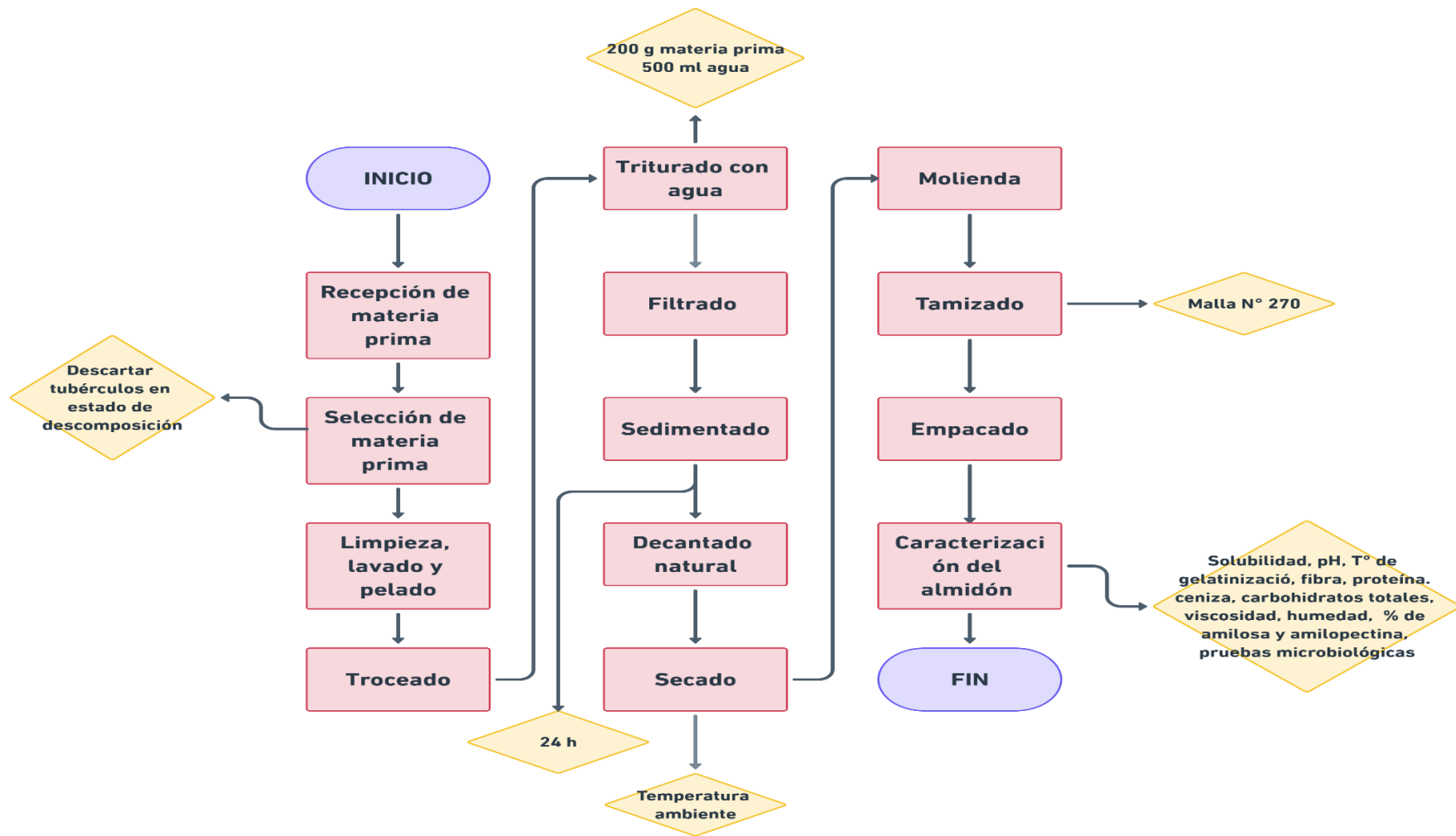


Figura 1-2: Diagrama de flujo del proceso para la extracción de almidones

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

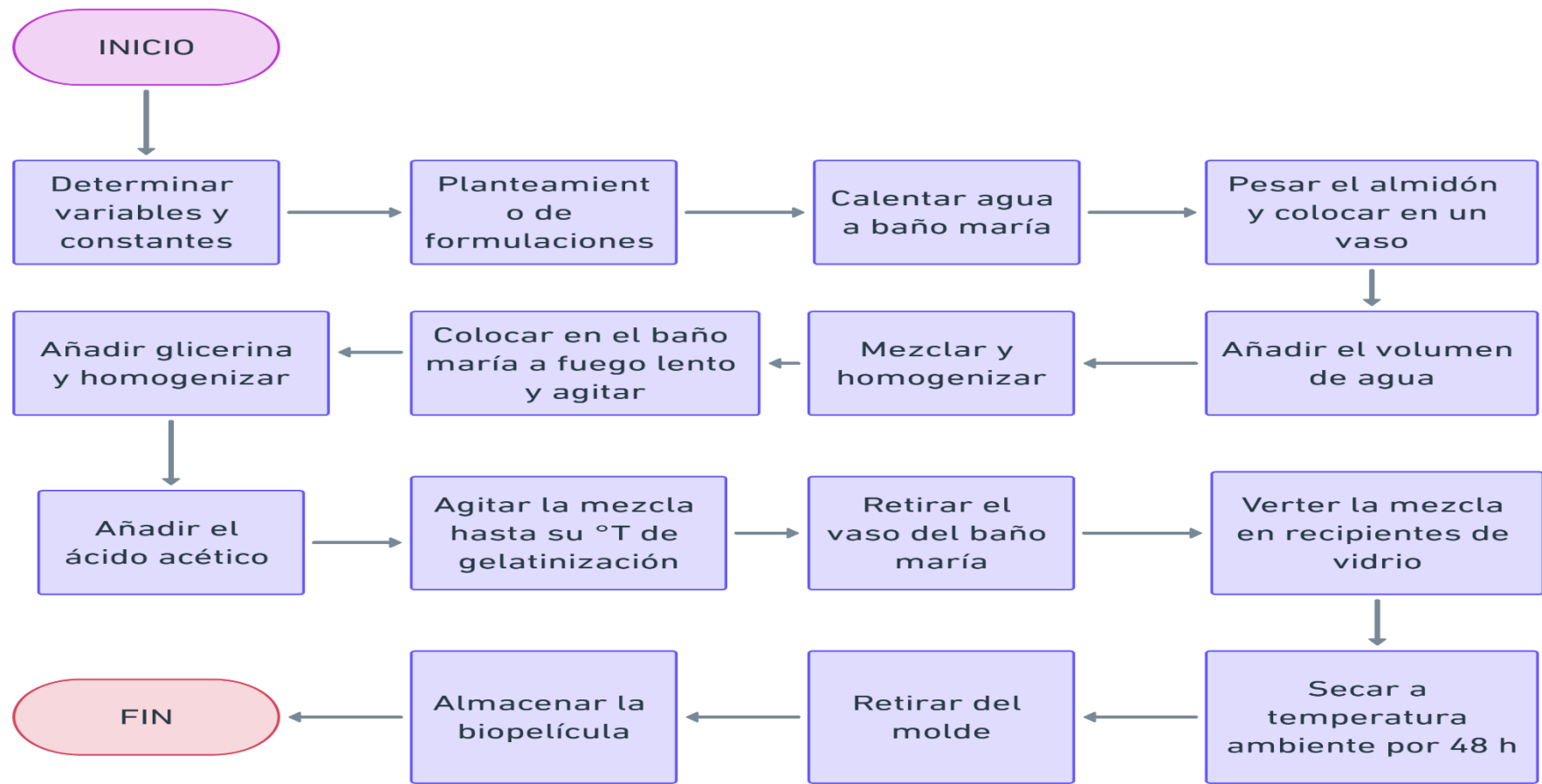


Figura 2-2: Diagrama de flujo del proceso para la extracción de almidones

Realizado por: Paredes, Joselyn; 2021.

2.4. Unidad de Análisis

Para la presente investigación la unidad de análisis son los almidones obtenidos de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y yuca amarilla (*Manihot esculenta*), los cuales serán sometidos a métodos de ensayo para la formulación de una biopelícula en las cuales se variarán los porcentajes de material biopolimérico y los porcentajes de plastificante, para finalizar se realizará una caracterización, la cual ayudará a seleccionar las biopelículas con las propiedades más idóneas, estas serán sometidas a pruebas fisicoquímicas, mecánicas, microbiológicas y de biodegradación para verificar que sean idóneas para el uso en el embalaje de alimentos.

2.5. Población de Estudio

La población de estudio considerada para el presente estudio corresponde a los muestreos al azar de yuca amarilla proveniente de la ciudad de Macas y zanahoria blanca adquirida en la ciudad de Riobamba. Beneficiando de forma directa al estudio del GRUPO DE INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO (GIADE) de la ESPOCH, en el proyecto de “Obtención de bioplásticos a partir de productos agrícolas del Ecuador”.

2.6. Tamaño de Muestra

Para esta investigación se empleó un tamaño de muestra de 10 kg de yuca amarilla y 10 kg de zanahoria blanca con el fin de extraer una cantidad de almidón significativa para la realización de distintas experimentaciones, para la elaboración de la biopelícula se tomará cantidades variadas de material biopolimérico y de plastificante.

2.7. Selección de Muestra

La selección de muestra se dio mediante un proceso, el cual consistió en la recepción de la materia prima (yuca amarilla y zanahoria blanca), después se lavó y limpió dicha materia prima para finalmente observar las principales características que la materia prima debe reunir para ser seleccionada como objeto de estudio, entre están el tamaño que deben ser medianas o grandes y que estén libres de descomposición, para evitar la contaminación al extraer los almidones.

2.8. Técnicas de Recolección de Datos

2.8.1. Técnica para la extracción de almidones

2.8.1.1. Técnicas de extracción de almidón de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y de yuca amarilla (*Manihot esculenta*)

El proceso de extracción de almidón se lo realizó por el método húmedo y fue el mismo para las dos materias primas, cabe acotar que estas extracciones se las realizó en casa.

Tabla 6-2: Técnica de extracción de almidón por el método húmedo

Método Húmedo	
Materiales y Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none">• Licuadora (2 velocidades)• Balanza• Cuchillo• Cronómetros• Recipientes• Fundas ziploc• Bandejas de aluminio• Tela filtrante• Tamices• Mortero y pistilo• Probetas	<ul style="list-style-type: none">• Agua destilada• Zanahoria blanca• Yuca amarilla
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none">• Se lavó, peló, y troceó la materia prima.• Se licuó con agua destilada, por cada 200g de materia prima 500 ml de agua destilada.• Para separar los residuos de la materia prima se filtró y se obtuvo una suspensión.• Se dejó reposar 24 horas hasta la formación de un sedimento.• Mediante decantación natural se retiró el exceso de agua.• Se dejó secar el sedimento a temperatura ambiente por 48 horas.• Para reducir el tamaño del sedimento se molió la muestra seca con un mortero y pistilo.• Se tamizó el producto molido (tamiz N° 270).• El almidón obtenido se pesó en una balanza analítica.• Finalmente se almacenó a temperatura ambiente en fundas ziploc.	
Cálculo	
Rendimiento del almidón obtenido	
$\% \text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso del almidón obtenido}}{\text{Peso inicial de la materia prima}} \times 100$	

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

2.8.2. Formulaciones

Para la formulación de las biopelículas se trabajó en base al diseño factorial 2², obteniéndose así 4 tratamientos con 4 repeticiones, las variables para este proceso fueron el plastificante (glicerina) y los almidones.

Tabla 7-2: Técnica de formulación de biopelículas

Obtención de biopelículas	
Materiales y Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Reverbero • Malla de asbesto • Vasos de precipitación • Varilla de agitación • Probetas • Balanza analítica • Papel aluminio • Espátula • Moldes de acrílico 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Glicerol (C₃H₈O₃) • Ácido Acético (CH₃-COOH) • Almidón de zanahoria blanca • Almidón de yuca amarilla
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • En un vaso de precipitación se preparó soluciones de agua destilada – almidón (variando concentraciones). • Después se colocó la solución sobre un reverbero usando una malla metálica como material de protección, a una temperatura baja. • Se agitó la solución de forma constante hasta alcanzar la temperatura de gelatinización. • Posteriormente se agregó el plastificante (glicerina) y el conservante (Ácido acético) y se agitó constantemente hasta homogenizar la mezcla y se dejó enfriar.(se variarán las concentraciones del plastificante) • Finalmente, mediante el método casting se vertió esta mezcla sobre un molde de acrílico y se dejó secar a temperatura ambiente por un tiempo determinado hasta obtener las propiedades cualitativas deseadas. 	

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

2.8.3. Caracterización del almidón, determinación de análisis proximal

2.8.3.1. Ph

Tabla 8-2: Técnica de determinación de pH de almidones

pH	
Materiales y Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • pH-metro • Vaso de precipitación • Piseta 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Solución tampón • Solución del ensayo de solubilidad
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 5 gramos de almidón y colocar en un vaso con tapa rosca. • Adicionar 25 ml de agua destilada • Colocar el vaso durante 30 minutos en el Shaker con agitación constante. • Dejar que sedimente durante 20 minutos. • Trasvasar con una pipeta graduada 10 ml de sobrenadante a un tubo. • Calibrar el pH-metro con los buffers indicados. • Medir directamente el pH. 	
Cálculo	
Medición directa	
Método de ensayo	
Norma AOAC 943,02 (1943)	

Fuente: (ISI, 2002, p.21).

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

2.8.3.2. Viscosidad

Tabla 9-2: Técnica de determinación de viscosidad de almidones

Viscosidad	
Materiales y Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Viscosímetro • Vaso de precipitación • Varilla de agitación • Reverbero 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de yuca amarilla • Almidón de zanahoria blanca • Agua destilada
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 25 g de almidón y disolverlo en 500 ml de agua destilada. • Trasvasar la suspensión a un vaso de precipitación de mayor capacidad y calentarlo con agitación hasta su ebullición • Dejar enfriar el gel hasta 25°C y tomar una alícuota de 15 ml. • Medir la viscosidad a 25°C con una velocidad de 10 RPM. 	
Cálculo	
Medición directa	

Fuente: (ISI, 2002, p.22).

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

2.8.3.3. T° de gelatinización

Tabla 10-2: Técnica de determinación de la temperatura de gelatinización de almidones

Temperatura de gelatinización	
Materiales y Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Vaso de precipitación • Probeta • Varilla de agitación • Reverbero • Malla de asbesto 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Almidón de yuca amarilla • Almidón de zanahoria blanca
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 10 g de almidón y disolverlo con 100 ml de agua destilada. • Tomar 50mL de esta suspensión y colocarlo a baño maría con una temperatura de 85°C • Agitar constantemente hasta que se forme una pasta • Con la ayuda de un termómetro leer directamente la temperatura de gelatinización. 	
Cálculo	
Medición directa	

Fuente: (Aristizábal y Sánchez, 2007, p.33).

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

2.8.3.4. Índice de solubilidad

Tabla 11-2: Técnica de determinación del índice de solubilidad de almidones

Índice de solubilidad	
Materiales y Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Vaso de precipitación • Probeta • Varilla de agitación • Reverbero • Malla de asbesto • Tubos de centrífuga de 50 ml • Equipo de centrífuga • Pipeta de 10 ml 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Almidón de yuca amarilla • Almidón de zanahoria blanca
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar los tubos de centrífuga previamente secados a 60°C • Añadir 1.25 g de almidón en el tubo de plástico • Añadir 30 ml de agua previamente calentada a 60 °C y agitar sin excederse • Colocar los tubos con la muestra a baño maría a 60 °C, durante 30 minutos • Agitar los tubos levemente después de 10 minutos. • Centrifugar por 20 minutos a 3000 RPM • Retirar de la centrífuga y trasvasar el sobrenadante a una probeta para medir el volumen. • Tomar con una pipeta 10 ml de sobrenadante y trasvasar los 10 ml a un vaso de precipitación previamente pesado • Dejar el vaso con el sobrenadante en la estufa por 24 horas • Tomar el peso de las muestras 	
Cálculo	
$ISA = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \times 10}{\text{peso muestra (g)bs}}$	

Fuente: (Aristizábal y Sánchez, 2007, p.33).

Realizado por: Paredes, Joselyn; 2021.

2.8.3.5. Humedad

Tabla 12-2: Técnica de determinación de humedad de almidones

Humedad	
Materiales y Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Crisoles • Estufa • Balanza analítica • Espátula 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de yuca amarilla • Almidón de zanahoria blanca
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Colocar un crisol vacío durante 2 horas en la estufa a 105 °C. • Pesar el crisol frío. • Colocar 3 gramos de almidón en el crisol • Dejar el crisol con la muestra en la estufa a 105 °C durante 2 horas • Pesar y repetir el procedimiento hasta peso constante. 	
Cálculo	
$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{peso crisol vacío (g)} \times 100}{\text{peso crisol más muestra (g)}}$	

Fuente: (Aristizábal y Sánchez, 2007, p.34).

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

2.8.3.6. Cenizas

Tabla 13-2: Técnica de determinación de cenizas de almidones

Cenizas	
Materiales y Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none">• Crisoles• Balanza analítica• Mufla• Desecador	<ul style="list-style-type: none">• Almidón de zanahoria blanca• Almidón de yuca amarilla
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none">• Lavar, secar y pesar un crisol.• Pesar 1g de almidón en el crisol tarado.• Incinerar a 550°C el crisol con la muestra en la mufla durante tres horas y media• Enfriar el crisol y las cenizas en un desecador.• Pesar el crisol que contiene la ceniza y calcular la cantidad de ceniza.• Expresar el resultado como porcentaje de cenizas totales	
Cálculo	
$\text{Cenizas(\%)} = \frac{\text{peso de las cenizas(g)} \times 100}{\text{peso de muestra (g)}}$	

Fuente: (Aristizábal y Sánchez, 2007, p.33).

Realizado por: Paredes, Joselyn; 2021.

2.8.3.7. Fibra y proteína

El análisis de fibra y proteína se realizó en el Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. Para determinar la proteína presente se usó el método Kjeldahl y para la fibra se realizó una hidrólisis ácida moderada.

2.8.3.8. Carbohidratos totales

Este valor se obtiene restando de 100, la suma de los porcentajes de humedad, proteína, fibra, cenizas, extracto etéreo, obtenidos en ensayos anteriores.

2.8.3.9. Amilosa y Amilopectina

La determinación del porcentaje de amilosa y amilopectina para los almidones de yuca amarilla y zanahoria blanca se lo realizó en un laboratorio externo especializado en este tema (INIAP), debido a que esta prueba no se la puede realizar en la ESPOCH.

2.8.3.10. Levaduras, mohos y coliformes totales

Este ensayo se lo realizó en el laboratorio de aguas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, de dicha prueba dependerá para saber si la biopelícula es apta para el contacto con alimentos.

2.8.4. Técnicas de formulación de biopelículas a partir de almidones de yuca amarilla y zanahoria blanca

2.8.4.1. Análisis sensorial

El análisis sensorial realizado es de forma cualitativa, calificando las características sobresalientes mediante pruebas organolépticas con el objetivo de determinar una biopelícula que reúna características ideales para su posterior uso en alimentos. Se calificará el aspecto, textura, flexibilidad y la resistencia.

2.8.4.2. Determinación de espesor

Tabla 14-2: Técnica de determinación de espesor de biopelículas

Espesor	
Materiales y Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none">• Micrómetro• Bisturí	<ul style="list-style-type: none">• Biopelículas
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none">• Recortar 10 películas con medidas de 2,5 cm x 2,5 cm de cada una de las muestras• Medir el espesor de las películas usando el micrómetro en 10 puntos diferentes de cada cuadrado.• Promediar las mediciones dadas.	
Cálculo	
Promedio de los 10 espesores medidos en cada cuadrado de la biopelícula	

Fuente: (Río et al., 2007, p.37).

Realizado por: Paredes, Joselyn; 2021.

2.8.4.3. Humedad

Tabla 15-2: Técnica de determinación de espesor de biopelículas

Humedad	
Materiales y Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none">• Balanza analítica• Estufa	<ul style="list-style-type: none">• Biopelículas
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none">• Pesar las muestras• Colocar las muestras de la biopelícula en la estufa a 105°C durante 24 horas• Tomar los pesos finales (reservar estas muestras).	

<ul style="list-style-type: none"> • Repetir el proceso hasta peso constante • Se realizaron dos ensayos por cada muestra.
Cálculo
$\text{Humedad}(\%) = \frac{\text{peso inicial biopelícula (g)} \times 100}{\text{peso final biopelícula (g)}}$

Fuente: (Río et al., 2007, p.37).

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

2.8.4.4. Solubilidad del bioplástico

Tabla 16-2: Técnica de determinación de solubilidad de biopelículas

Solubilidad	
Materiales y Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Shaker • Tijera • Vaso de 100 ml • Estufa • Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Biopelículas
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Cortar la biopelícula en cuadrados con dimensiones de 2.5 x 2.5 cm • Colocar cada una de las muestras en un vaso con 80 ml de agua destilada • Dejar en el Shaker durante 1 hora a 200 rpm • Retirar del Shaker y secar la biopelícula • Colocar en la estufa a 105 °C • Tomar el peso y secar hasta peso constante 	
Cálculo	
$\text{Solubilidad}(\%) = \frac{\text{peso inicial seco biopelícula (g)} - \text{peso final biopelícula seco(g)}}{\text{peso inicial seco biopelícula (g)}} \times 100$	

Fuente: (Río et al., 2007, p.38).

Realizado por: Paredes, Joselyn; 2021.

2.8.4.5. Permeabilidad del bioplástico

Tabla 17-2: Técnica de determinación de permeabilidad de biopelículas

Solubilidad	
Materiales y Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de ensayo • Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> • Biopelículas • Sílica gel
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Activar la sílica gel hasta una humedad relativa del 0% • Colocar la sílica gel en tubos hasta sus ¾ partes de capacidad • Sellar un tubo con la biopelícula en un tamaño de 3 x 3 verificando de que no existan fugas • Colocar los tubos sellados en el desecador con una humedad relativa del 50% • Tomar medidas cada hora, durante 6 horas. 	
Cálculo	
$\text{WVP} = \frac{(P_2 - P_1) \times e}{t \times pv \times (\phi_2 - \phi_1)}$	
<p>Donde: P₂: Peso de la película final P₁: Peso de la película inicial e: espesor de la lámina</p>	

t: Tiempo de determinación pv: presión de vapor del proceso φ ₁ : Humedad relativa al interior de la celda φ ₂ : Humedad relativa de la cámara con NaCl saturado

Fuente: (Río et al., 2007, p.38).

Realizado por: Paredes, Joselyn; 2021.

2.8.4.6. Pruebas de tracción del bioplástico

Para el ensayo de tracción, se realizaron 4 probetas, correspondientes a cada tratamiento de las biopelículas, y se enviaron a analizar al Laboratorio de Curtiembres de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, en donde se analizó el muestreo realizado de acuerdo con la norma IUP 6.

2.8.4.7. Prueba de biodegradabilidad

Tabla 18-2: Técnica de determinación de la biodegradabilidad a las biopelículas obtenidas

Biodegradabilidad
Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Cortar muestras de bioplástico en forma de cuadrados de 3x3 cm y someterlos a distintos entornos. SUELO <ul style="list-style-type: none"> • Colocar en un recipiente, 2 cm de tierra aproximadamente • Adicionar la muestra de biopelícula • Cubrir la biopelícula con una segunda capa de tierra, aproximadamente 5 cm • Registrar la disminución del área de la biopelícula cada 5 días durante un mes. AGUA <ul style="list-style-type: none"> • Colocar la muestra de biopelícula en el fondo de un recipiente. • Adicionar una cierta cantidad de agua potable • Registrar la disminución del área de la muestra durante 30 días AIRE <ul style="list-style-type: none"> • Colocar en una bandeja una muestra de bioplástico • Registrar la disminución del área durante el lapso de 30 días
Cálculo
$\% \text{ Pérdida de área} = \frac{(A_i - A_f)}{A_i} \times 100\%$
Donde: A _i : Área inicial de la biopelícula A _f : Área final de la biopelícula

Fuente: (Río et al., 2007, p.39).

Realizado por: Paredes, Joselyn; 2021.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. *Resultados del diseño factorial 2² en la determinación del tratamiento adecuado según el rendimiento de los almidones*

Para la obtención de los almidones de yuca amarilla y zanahoria blanca se trabajó mediante el método húmedo, el cual consistió en la selección de la materia prima idónea para el proceso (yuca amarilla y zanahoria blanca en buen estado), después siguió la etapa de lavado y limpieza, de esta forma se eliminaron todo rastro de impurezas que pudieran afectar en las etapas posteriores, seguidamente se peló y troceó para facilitar el licuado, se pesó 200 g de materia prima y se licuó con cierta cantidad de agua (500 ml), se filtró y se dejó sedimentar por unas horas, finalmente mediante decantación se eliminó el sobrenadante y se dejó secar el almidón a temperatura ambiente durante 48 horas. El análisis experimental que se usó fue el diseño factorial 2², en el cual se realizó 4 tratamientos con sus respectivas 4 repeticiones, obteniéndose un total de 16 experimentaciones cuyas variables fueron el tiempo de licuado y las revoluciones por minuto. En este caso se optó por trabajar con una revolución alta (20000 rpm) y una baja (6800 rpm) y con tiempos de 45 s y 60 s. Por último se comparó los rendimientos obtenidos de los 4 tratamientos realizados, escogiendo así el T2, tanto para la yuca amarilla como para la zanahoria blanca, ya que como se puede observar en la Tabla 1-3 y en la Tabla 2-3, es el tratamiento que arroja un mayor rendimiento, optimizando así el proceso de extracción. En este tratamiento interviene una revolución alta (20000 rpm) y un tiempo de 60 s. En las tablas siguientes: Tabla 3-3 y Tabla 4-3, se puede observar el análisis de varianza realizado para el análisis de los datos obtenidos en la extracción de los almidones.

Tabla 1-3: Resultados del diseño factorial 2² para la determinación del tratamiento óptimo según el rendimiento del almidón de zanahoria blanca

No.	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)				RENDIMIENTO (%)		TIEMPO SECADO (h)
					PRODUCTO (g)	ALMIDÓN			R	PROMEDIO	
						R	PROMEDIO	TOTAL			
1	T1	RPM A : 45	R1	500	200	38.813	39.254	157.015	19.406	19.627	48
2			R2			39.004			19.502		
3			R3			40.745			20.372		
4			R4			38.453			19.226		
5	T2	RPM A : 60	R1			44.746	42.209	168.835	22.373	21.104	48
6			R2			41.251			20.625		
7			R3			41.388			20.694		
8			R4			41.450			20.725		
9	T3	RPM B : 45	R1			25.641	26.824	107.294	12.820	13.412	48
10			R2			28.052			14.026		
11			R3			27.024			13.512		
12			R4			26.576			13.288		
13	T4	RPM B : 60	R1			31.568	32.392	129.568	15.784	16.196	48
14			R2			33.265			16.632		
15			R3			31.759			15.879		
16			R4			32.976			16.488		

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Tabla 2-3: Resultados del diseño factorial 2² para la determinación del tratamiento óptimo según el rendimiento del almidón de yuca amarilla

No.	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)				RENDIMIENTO (%)		TIEMPO SECADO (h)
					PRODUCTO (g)	ALMIDÓN			R	PROMEDIO	
						R	PROMEDIO	TOTAL			
1	T1	RPM A : 45	R1	500	200	56.344	55.936	223.744	28.172	27.968	48
2			R2			56.495			28.247		
3			R3			55.090			27.545		
4			R4			55.815			27.907		
5	T2	RPM A : 60	R1			59.097	57.860	231.439	29.548	28.930	48
6			R2			57.891			28.945		
7			R3			57.379			28.689		
8			R4			57.072			28.535		
9	T3	RPM B : 45	R1			48.860	48.536	194.142	24.430	24.268	48
10			R2			47.738			23.869		
11			R3			47.879			23.939		
12			R4			49.664			24.832		
13	T4	RPM B : 60	R1			52.185	50.670	202.681	26.092	25.335	48
14			R2			49.670			24.835		
15			R3			51.041			25.520		
16			R4			49.785			24.892		

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Tabla 3-3: Análisis de resultados ANOVA de la extracción de almidón de zanahoria blanca

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	123.73	1.00	123.73	351.02	0.00	4.75
Columnas	18.16	1.00	18.16	51.53	0.00	4.75
Interacción	1.71	1.00	1.71	4.84	0.05	4.75
Dentro del grupo	4.23	12.00	0.35			
Total	147.83	15.00				

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Tabla 4-3: Análisis de resultados ANOVA de la extracción de almidón de yuca amarilla

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	53.216	1.000	53.216	249.131	0.000	4.747
Columnas	4.118	1.000	4.118	19.277	0.001	4.747
Interacción	0.011	1.000	0.011	0.052	0.823	4.747
Dentro del grupo	2.563	12.000	0.214			
Total	59.908	15.000				

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

En las Tablas 1-3 y 2-3, se visualizan los 4 tratamientos utilizados para la extracción de los almidones de zanahoria blanca y yuca amarilla respectivamente, donde se varían la velocidad (RPM) y el tiempo de trituración (s). Mediante la hoja de cálculo Excel se realizó un análisis ANOVA para seleccionar el tratamiento más idóneo, así en la Tabla 3-3, se obtuvo una interacción de 0.05 y en la Tabla 4-3, una interacción de 0.823, las cuales son \geq a 0.05, visualizándose así que en los 4 tratamientos tanto para la extracción del almidón de zanahoria blanca como para el almidón de yuca amarilla, no existen diferencias significativas, deduciéndose así que las variables escogidas para la extracción de los almidones no influyen directamente con el rendimiento del almidón, por lo que cualquier tratamiento sería viable pero por cuestiones de optimización de tiempo y energía, se escoge el tratamiento 3 para la obtención de los almidones tanto de yuca amarilla como de zanahoria blanca, al ser el tratamiento que necesita un menor tiempo de trituración y una velocidad baja.

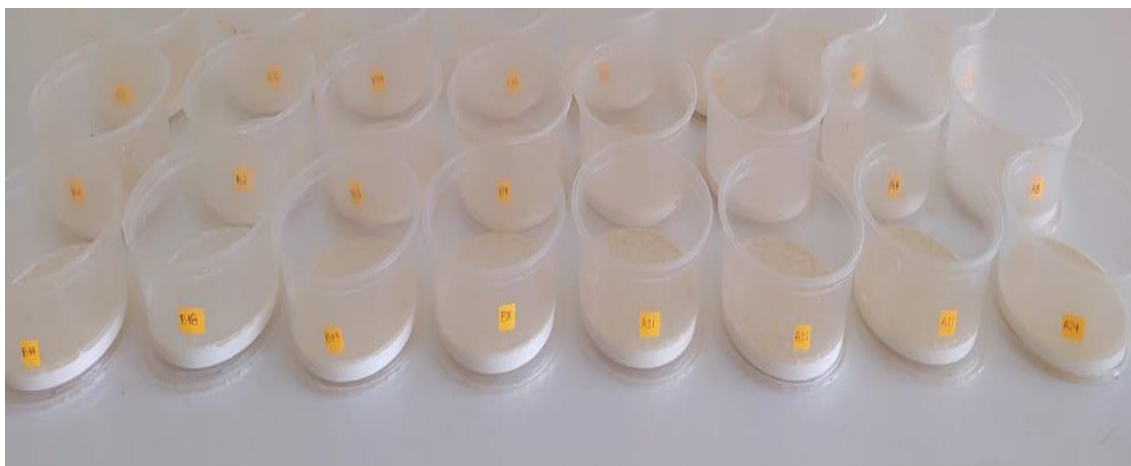


Figura 1-3: Tratamientos en la obtención de almidón de zanahoria blanca

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

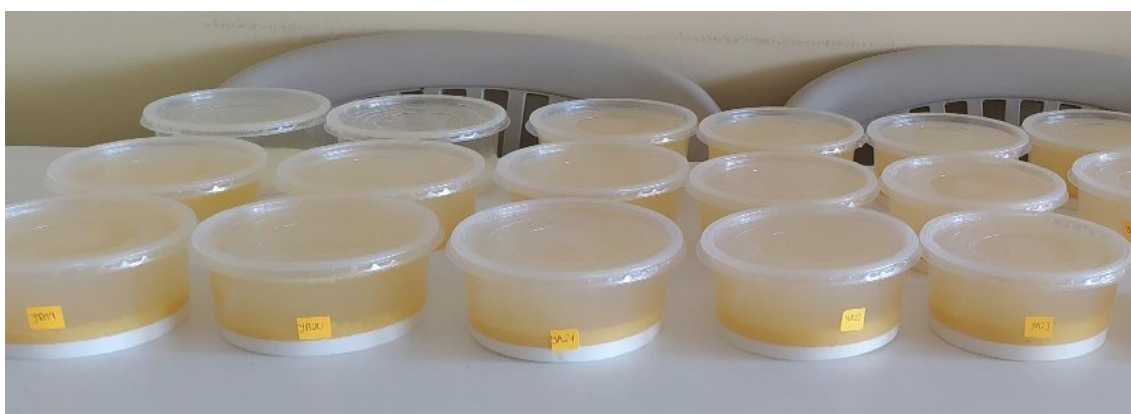


Figura 2-3: Tratamientos en la obtención de almidón de yuca amarilla

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Existen varios métodos para obtener almidón, variando así por la naturaleza del producto, sin embargo, en esta investigación se optó por extraer a los almidones tanto de yuca amarilla como de zanahoria blanca por vía húmeda, por ser el método más tradicional, simple, de bajo costo y mayor rendimiento. En un estudio realizado por (Correa et al., 2017, pp.97-100), en el cuál se analizaron 4 métodos de extracción, se determinó que el método húmedo es el más idóneo para obtener almidón debido a su alto rendimiento comparado con los demás, además que ofrece productos de calidad con un grado aceptable de inocuidad y una estabilidad adecuada para su posterior implementación en el campo industrial.

En el caso de la yuca amarilla se extrajo el almidón con un rendimiento del 24.318 %, siendo un valor similar al reportado por (Trujillo, 2014, p.52), el cual mediante el método húmedo obtuvo un rendimiento del 25%. Mientras que para el almidón de zanahoria blanca se obtuvo un rendimiento del 13.412 %, siendo de igual manera un valor similar al reportado por (Espina et al., 2016, pp.133-

143), el cuál fue del 15 %. Demostrando así que en esta investigación se obtuvieron resultados satisfactorios en la obtención de los almidones.

Al realizar una comparación con la extracción de almidón de yuca por el método seco realizado por (Cobana y Antezana, 2007, p.83), donde se obtuvieron rendimientos aproximadamente del 30 %, se observa que son valores similares a los obtenidos en esta investigación, por lo que la diferencia radica en la calidad de los almidones obtenidos para lo cual se realiza una caracterización fisicoquímica, proximal y microbiológica, para determinar cuál es el método más apropiado para la extracción.

3.1.2. Resultados del análisis proximal, físico-químico y microbiológico del almidón de zanahoria blanca y del almidón de yuca amarilla

Tras obtener los almidones de zanahoria blanca y yuca amarilla con el tratamiento óptimo (T3) por el método húmedo, se procedió a realizar la respectiva caracterización del análisis físico-químico, proximal y microbiológico, haciendo uso de los laboratorios de Investigación, Química Analítica y Aguas de la ESPOCH, mientras que para la determinación del porcentaje de amilosa presente en los almidones se requirió realizar las pruebas correspondientes en un laboratorio externo a la institución, INIAP. En la Tabla 5-3 y Tabla 5-4 se detallan los resultados de las pruebas físico-químicas, proximal y microbiológicas de los almidones de zanahoria blanca y yuca amarilla, respectivamente.

Con la respectiva caracterización realizada a los diferentes almidones se puede comprobar si el método de extracción húmedo es el más idóneo, ya que se analizará si hubo pérdidas en las propiedades o si se conservaron tras dicho proceso.

3.1.2.1. Resultados del análisis físico-químico del almidón de zanahoria blanca y del almidón de yuca amarilla

Tabla 5-3: Resultados del análisis físico-químico del almidón de zanahoria blanca

PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR
Humedad	%	14.64
Ceniza	%	0.12
Solubilidad	%	11.08
pH		8.09
Viscosidad	mPa.s	2456.40
Temperatura de gelatinización	°C	53.00

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Tabla 6-3: Resultados del análisis físico-químico del almidón de yuca amarilla

PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR
Humedad	%	10.44
Ceniza	%	0.07
Solubilidad	%	1.17
pH		6.35
Viscosidad	cP	1345.20
Temperatura de gelatinización	°C	60.00

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Para la caracterización físico-química de almidón de zanahoria blanca y yuca amarilla se reportan los siguientes valores mostrados en las tablas 5-3 y 6-3: en el contenido de humedad se obtuvo un valor del 14.64 % para el almidón de zanahoria blanca, mientras que para la yuca amarilla se calculó un valor de 10.44%, estos valores no se encuentran en el rango de humedad especificado por Quiroga (2009, p.92), para almidones nativos de arracacha, el cual está entre 11.5 – 14.49 %, sin embargo, Moorthy (2002, p.568), indica que el contenido de humedad para almidones de distintos tipos de tubérculos fluctúa entre 6 – 16 %, observando así que los valores de humedad obtenidos entran en este rango de aceptabilidad. Para ceniza se determinó un valor de 0.12 % y 0.07% para el almidón de zanahoria blanca y yuca amarilla respectivamente, siendo el primer valor un porcentaje aceptable para el rango de 0.122 ± 0.01 %, establecido por (Rodríguez, 2011, p.22), además los dos almidones cumplen con el rango ≤ 0.12 %, establecido por la AOAC (Association of Official Analytical Chemists). El índice de solubilidad registrado en esta investigación fue de 11.08 % para el almidón de zanahoria blanca y 1.17 % para el almidón de yuca amarilla, siendo el primero un valor significativamente mayor al rango: 8.45 ± 0.98 % determinado por (Arone, 2019, p.15), cabe resaltar que este autor determinó que el índice de solubilidad era mayor para la variedad blanca de arracacha, en comparación con las variedades amarilla y morada, sin embargo los valores obtenidos de ambos almidones entran en el rango de: 0.27 – 12.32 % establecido por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). El pH obtenido fue de 8.09 y 6.35 para los almidones de zanahoria blanca y yuca amarilla respectivamente, los cuales difieren significativamente del rango: 5.84 ± 0.28 presentado por (Arone, 2019, p.15), mientras que para el rango de pH 6.0 – 6.5 establecido por la FAO, se puede visualizar que el almidón de yuca amarilla si cumple con este valor, el pH elevado de la zanahoria blanca puede deberse a las condiciones del suelo en el cual fue cultivado el tubérculo. La temperatura de gelatinización de la zanahoria blanca (53 °C) es menor al de yuca amarilla (60 °C), solo el valor de 53 °C no entra en el rango: 58.5 – 70 °C, establecido por la FAO, pero si es un valor aceptable comparándolo a un estudio realizado por (Torres et al., 2013, p.60), en el cual se determinaron rangos de temperatura de gelatinización para pituca blanca y morada de 55 ± 2 y 54 ± 2 , respectivamente. Ambas temperaturas de gelatinización son relativamente

bajas lo que serviría como una ventaja a nivel industrial en procesos que requieran o trabajen a temperaturas no muy elevadas. Finalmente la viscosidad obtenida en el laboratorio de Investigación a 10 RPM fue de 2456.40 cP para el almidón de zanahoria blanca mientras que para el almidón de yuca amarilla la viscosidad hallada fue menor con un valor de 1345.20 cP, estos valores difieren con la viscosidad obtenida de papas criollas, las cuales se encuentran en un rango de 3847.5 – 4379 cP, valores reportados por (Solarte et al., 2019, p.42).

Con estos resultados obtenidos se verifica que los almidones obtenidos por vía húmeda no alteran su caracterización fisicoquímica, y además la extracción resulta ser menos costosa a comparación de otros métodos.

3.1.2.2. Resultados del análisis proximal del almidón de zanahoria blanca y del almidón de yuca amarilla

Tabla 7-3: Resultados del análisis proximal del almidón de zanahoria blanca

PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR
Fibra	%	0.24
Proteína	%	0.43
Carbohidratos Totales	%	81.73
Amilosa	%	14.94
Amilopectina	%	85.06

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Tabla 8-3: Resultados del análisis proximal del almidón de yuca amarilla

PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR
Fibra	%	0.20
Proteína	%	0.43
Carbohidratos Totales	%	88.86
Amilosa	%	21.53
Amilopectina	%	78.47

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

En las tablas 7-3 y 8-3 se indica los resultados del análisis proximal realizado, para fibra se obtuvieron valores de 0.24 y 0.20 % para el almidón de zanahoria blanca y yuca amarilla respectivamente, la fibra dentro del almidón suele ser considerada como una impureza, estos valores calculados son superiores a los encontrados en almidones nativos de papa y yuca, ya que para ambos se halló solamente un 0.05% de fibra según (Alvis et al., 2008, p.25), en cambio la FAO admite en los almidones valores de fibra ≤ 0.3 %, es decir que tanto el almidón de yuca amarilla como el de zanahoria blanca tienen un valor aceptable de fibra. La proteína hallada para ambos almidones fue de 0.43 %, este valor excede al porcentaje permisible presentado por la FAO

(0.1%), de igual forma excede al valor permitido por la FDA (Administración de medicamentos y alimentos) en almidones de maíz (0.35%) reportado en una investigación realizada por (Hernández et al., 2008, p.725), según (Torres et al., 2013, p.59), este exceso de proteína se lo considera como un contaminante, la cual se pudo deber al método de extracción de almidón escogido. El contenido de carbohidratos totales reportados para el almidón de yuca amarilla y zanahoria blanca fueron de 81.73 % y 88.86, respectivamente, el segundo valor es mayor comparado al valor de fibra de almidón de yuca (86.9 %) mostrado por (Vargas y Hernández, 2013, p.42). Finalmente el contenido de amilosa para los almidones se lo determinó en un laboratorio externo a la institución educativa (INIAP), el cual los analizó según el método MO-LSAIA-04, y para hallar el valor de la amilopectina simplemente se realizó una diferencia del 100 % con respecto al porcentaje de amilosa. Los valores de amilosa y amilopectina obtenidos para el almidón de zanahoria blanca fueron de 14.94 % y 85.06 %, respectivamente, mientras que para el almidón de yuca amarilla se obtuvo un valor de amilosa de 21.53 % y 78.47 % de amilopectina, de acuerdo con el rango establecido por la FAO para amilosa: 17 – 24 % y para amilopectina 76 – 83 %, el almidón de yuca amarilla si cumple con estos valores establecidos.

3.1.2.3. Resultados del análisis microbiológico del almidón de zanahoria blanca y del almidón de yuca amarilla

Tabla 9-3: Resultados del análisis microbiológico del almidón de zanahoria blanca

PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR
Hongos	UPC/g	0
Levaduras y mohos	UPC/g	0
Coliformes totales	UPC/g	60

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Tabla 10-3: Resultados del análisis microbiológico del almidón de yuca amarilla

PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR
Hongos	UPC/g	0
Levaduras y mohos	UPC/g	0
Coliformes totales	UPC/g	40

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Para finalizar la caracterización de los almidones, se realizaron pruebas microbiológicas en el Laboratorio de Aguas, ubicado en la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, donde se examinó el contenido de hongos, coliformes totales, levaduras y mohos, dando como resultado una ausencia de hongos, levaduras y mohos para los almidones de los dos tubérculos, como se puede observar en las Tablas 9-3 y 10-3. La FAO admite un valor de 5000 UFC/g en el conteo de hongos y

levaduras y un rango de 1000-5000 UFC/g para coliformes totales. Los dos almidones cumplen con estos requisitos por lo cual son consideradas materias primas idóneas para la elaboración de biopelículas que posteriormente pueden ser usadas en alimentos. Además se puede comprobar que mediante el método húmedo no se generan contaminaciones en dichos productos por lo cual su uso resulta idóneo.

3.1.3. *Resultado de la determinación del tratamiento óptimo según el diseño factorial para la obtención de las biopelículas*

Para la obtención de las biopelículas, se trabajó de igual manera con el diseño factorial 2², para este proceso se trabajó con 2 variables, las cuales son el porcentaje de glicerina y el porcentaje de almidón a utilizar en la formulación, obteniéndose de esta manera 4 diferentes tratamientos con sus respectivas 4 repeticiones, es decir que en total se obtuvieron 16 biopelículas. Se optó por trabajar con una concentración de almidón de zanahoria blanca entre 1 – 2 gramos y una concentración de glicerina (plastificante) entre 2 y 3 ml, manteniendo constante la concentración de almidón de yuca amarilla de 8 gramos, el volumen de agua destilada y ácido acético, 120 ml y 8 ml, respectivamente, para los 4 tratamientos. En la tabla 11-3 se muestran a detalle las cantidades utilizadas en cada tratamiento.

Tabla 11-3: Formulaciones usadas en cada tratamiento para la obtención de las biopelículas

TRATAMIENTOS	CANTIDADES				
	Almidón de yuca amarilla (g)	Almidón de zanahoria blanca (g)	Glicerina (ml)	Ácido acético (ml)	Agua destilada (ml)
T1	8	1	2	8	120
T2	8	1	3	8	120
T3	8	2	2	8	120
T4	8	2	3	8	120

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Tabla 12-3: Resultados del análisis factorial 2² para la formulación de biopelículas a base de almidón de yuca amarilla y zanahoria blanca

No.	TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO ELABORACIÓN (min)	SECADO				ESPESO R (mm)	
						LUGAR	MÉTODO	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (h)		
1	TP1	CA1 : CG1	R1	62	4	Laboratorio de Investigación	Casting secado natural	Temperatura ambiente 25°C	48	0.10	0.11
2			R2		4					0.12	
3			R3		5					0.12	
4			R4		5					0.10	
5	TP2	CA1 : CG2	R1		5					0.20	0.18
6			R2		4					0.15	
7			R3		4					0.18	
8			R4		5					0.20	
9	TP3	CA2 : CG1	R1		3					0.10	0.11
10			R2		4					0.11	
11			R3		4					0.12	
12			R4		3					0.11	
13	TP4	CA2 : CG2	R1		5					0.20	0.17
14			R2		4					0.18	
15			R3		3					0.15	
16			R4		3					0.15	

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Tabla 13-3: Resultados del análisis ANOVA para la formulación de las biopelículas

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	0.0002	1.0000	0.0002	0.4601	0.5104	4.7472
Columnas	0.0176	1.0000	0.0176	51.6994	0.0000	4.7472
Interacción	0.0002	1.0000	0.0002	0.4601	0.5104	4.7472
Dentro del grupo	0.0041	12.0000	0.0003			
Total	0.0219	15.0000				

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Una vez obtenidas las formulaciones en base al estudio factorial 2^2 mostrado en la Tabla 12-3, se obtuvieron 4 tratamientos con 4 repeticiones, teniendo en total 16 muestras de biopelículas, como se puede apreciar en la Tabla 12-3, para lo cual se realiza un análisis ANOVA, en la Tabla 13-3 se puede visualizar que el valor de la interacción es de 0.5104, el cual es > 0.05 , por lo que se deduce que en los 4 tratamientos no existen diferencias significativas, lo que significa que se puede escoger cualquiera de los tratamientos, para lo cual se realiza un estudio de ensayos preliminares, donde se establecen las principales características, resaltando la importancia de las cantidades de las sustancias variantes, que en este caso es el material biopolimérico y el plastificante; como lo cita (Nárvaez, 2016, p.32), la glicerina es la sustancia encargada de brindarle elasticidad y maleabilidad a las biopelículas, por lo cual se realiza la respectiva caracterización con ensayos de solubilidad, humedad, espesor, permeabilidad, pruebas sensoriales, mecánicas y de biodegradación de las biopelículas de las muestras formuladas, para seleccionar el tratamiento más idóneo en base a los resultados obtenidos de dichas pruebas.



Figura 3-3: Biopelícula a base de almidón de zanahoria blanca y yuca amarilla (T1)

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

3.1.4. Resultados de la caracterización de los bioplásticos: ensayos físicos, químicos y mecánicos

Se realizaron las respectivas caracterizaciones a una muestra de cada uno de los tratamientos antes mencionados. Entre las pruebas que más destacan están las pruebas de biodegradabilidad, espesor, contenido de humedad, solubilidad, permeabilidad, ensayo de tracción. Además se efectuó el análisis sensorial.

3.1.4.1. Análisis sensorial de las biopelículas

Tabla 14-3: Resultados del análisis sensorial realizado a los 4 tratamientos de las biopelículas

TRATAMIENTOS	PARÁMETROS			
	ASPECTO	TEXTURA	FLEXIBILIDAD	APARIENCIA
T1	Traslúcido	Lisa	Flexible	Débil
T2	Traslúcido	Lisa	Flexible	Fuerte
T3	Traslúcido	Lisa	Flexible	Débil
T4	Traslúcido	Lisa	Flexible	Fuerte

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Según (Moreno, 2015, pp.33-34), las biopelículas que son usadas en el embalaje de alimentos deben ser láminas delgadas que deben cumplir con ciertos estándares para ser consideradas idóneas para dicho uso. (Moreno et al., 2017, p.377), considera que una biopelícula debe reunir las siguientes características: dentro del aspecto, la biopelícula debe ser translúcida, gelatinizar en su totalidad y no presentar quemaduras; en la textura, el bioplástico debe presentarse liso; para la flexibilidad, las láminas deben presentar un fácil moldeo y ser elásticas; por último para la apariencia, la biopelícula debe presentar una alta resistencia. Con estas acotaciones, se determina que los bioplásticos del T2 y T4 cumplen con lo establecido y son considerados aptos para su posterior uso, descartando a las formulaciones del T1 Y T3, por presentar una apariencia débil.

3.1.4.2. Espesor

Tabla 15-3: Resultados del ensayo de determinación de espesor de las biopelículas

TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	ESPESOR (mm)
TP1	CA1 : CG1	R1	0.10
		R2	0.12
		R3	0.12
		R4	0.10
TP2	CA1 : CG2	R1	0.20
			0.182

		R2	0.15	
		R3	0.18	
		R4	0.20	
		R1	0.10	
TP3	CA2 : CG1	R2	0.11	0.11
		R3	0.12	
		R4	0.11	
		R1	0.20	
TP4	CA2 : CG2	R2	0.18	0.17
		R3	0.15	
		R4	0.15	
		R1	0.15	

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

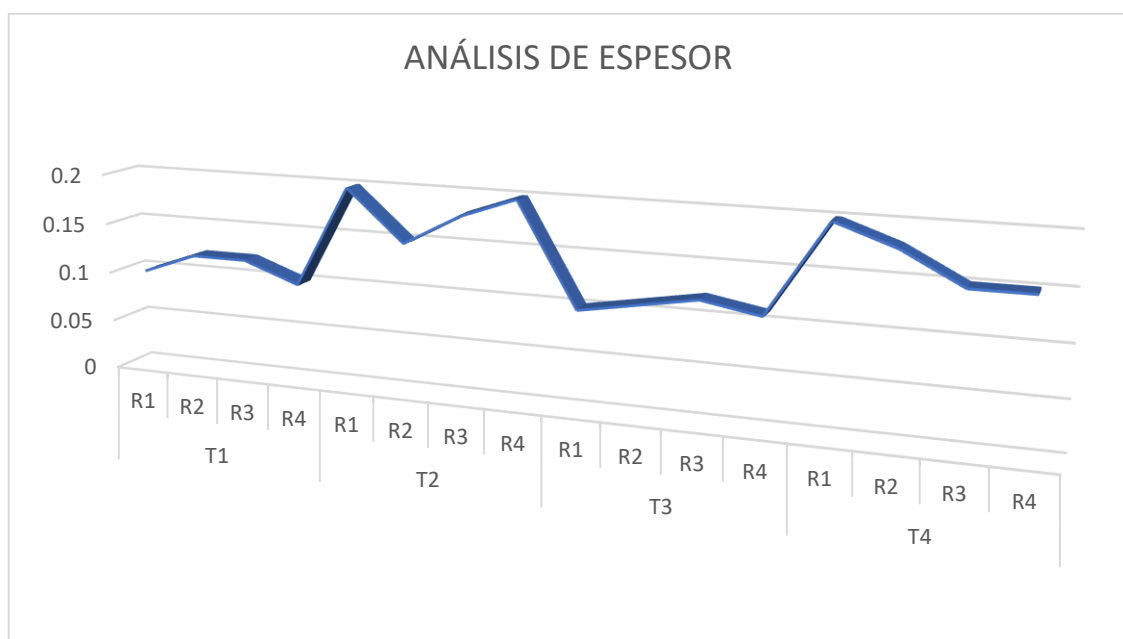


Gráfico 1-3: Representación gráfica del ensayo de espesor de las biopelículas obtenidas

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Se midió el espesor de las biopelículas obtenidas en los 4 tratamientos, la Tabla 15-3 indica que en el T1 se obtuvo un valor promedio de espesor de 0.11, para el T2 un espesor de 0.1825, en el T3 un valor de 0.11 y finalmente en el T4 un espesor de 0.17. Se comparó con los espesores obtenidos por (Escobar et al., 2009, p.35), quienes elaboraron bioplásticos en base a aislado de proteínas de suero lácteo, reportando un rango entre 0.120 ± 0.01 mm, se determina que las biopelículas del T2 y T4 no están incluidas en dicho rango. Sin embargo todas las biopelículas, es decir todas las muestras de los tratamientos con sus respectivas repeticiones, se encuentran dentro del rango de espesor para láminas plásticas delgadas establecido en la Norma INEN 2635.

3.1.4.3. Contenido de humedad

Tabla 16-3: Resultados del ensayo de humedad de las biopelículas para los 4 tratamientos

TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	HUMEDAD (%)
TP1	CA1 : CG1	R1	17.60
		R2	16.50
		R3	17.30
		R4	18.00
TP2	CA1 : CG2	R1	16.60
		R2	16.30
		R3	18.10
		R4	17.50
TP3	CA2 : CG1	R1	17.00
		R2	16.40
		R3	18.20
		R4	17.50
TP4	CA2 : CG2	R1	16.10
		R2	18.30
		R3	17.20
		R4	18.00

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

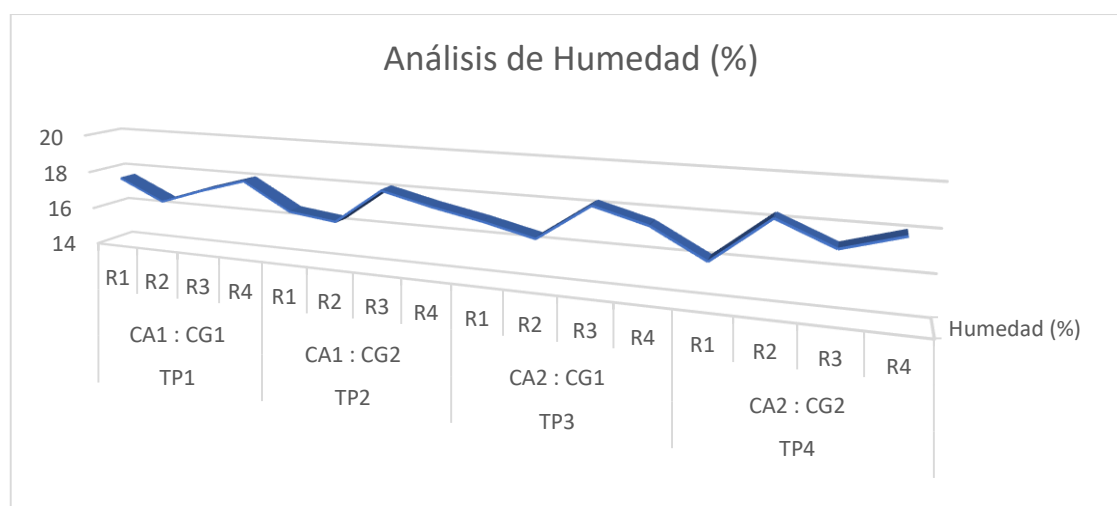


Gráfico 2-3: Representación gráfica del ensayo del porcentaje de humedad de las biopelículas obtenidas

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

De acuerdo con una investigación realizada por (Chuiza et al., 2020, p.990), para la obtención de biopelículas a base de almidón de arracacha, se obtuvo un biomaterial con 21 % de humedad,

siendo este valor ligeramente superior a los obtenidos en los 4 tratamientos, ya que como se puede observar en la Tabla 14-3, el contenido de humedad es alrededor del 17%. Esto se debe a que se utilizó 2 almidones en la formulación de las biopelículas, ya que según (Xu et al., 2005, p.188), el porcentaje de humedad es inversamente proporcional a la cantidad empleada de almidón, es decir que a mayor contenido de almidón, el porcentaje de humedad disminuirá, esto debido al carácter hidrofóbico del almidón. Además (Trujillo, 2014, p.52), reporta que láminas que posean un alto porcentaje de humedad tienen una apariencia frágil y se pueden generar hongos durante su almacenamiento en un determinado tiempo. Como se puede apreciar en la Tabla 16-3 para los 4 tratamientos se obtuvieron valores de humedad similares, por lo que se puede escoger cualquiera de los tratamientos para este ensayo.

3.1.4.4. Solubilidad

Tabla 17-3: Resultados del ensayo de solubilidad de las biopelículas para los 4 tratamientos

TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	SOLUBILIDAD (%)
TP1	CA1 : CG1	R1	60.32
		R2	58.14
		R3	56.20
		R4	57.62
TP2	CA1 : CG2	R1	55.07
		R2	55.45
		R3	53.17
		R4	54.80
TP3	CA2 : CG1	R1	54.28
		R2	53.22
		R3	54.05
		R4	52.89
TP4	CA2 : CG2	R1	53.12
		R2	53.63
		R3	52.76
		R4	50.54

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

En la investigación de (Chuiza et al., 2020, p.987), citan que los biomateriales que poseen un porcentaje de solubilidad menor a 70, son adecuados para el embalaje de alimentos, mientras que valores mayores a 70% son destinados al área de medicina, específicamente como recubrimientos solubles de cápsulas. Por los datos plasmados en la Tabla 15-3, se deduce que los bioplásticos obtenidos en los 4 tratamientos son ideales para el uso en el embalaje de alimentos, según el ensayo de solubilidad.

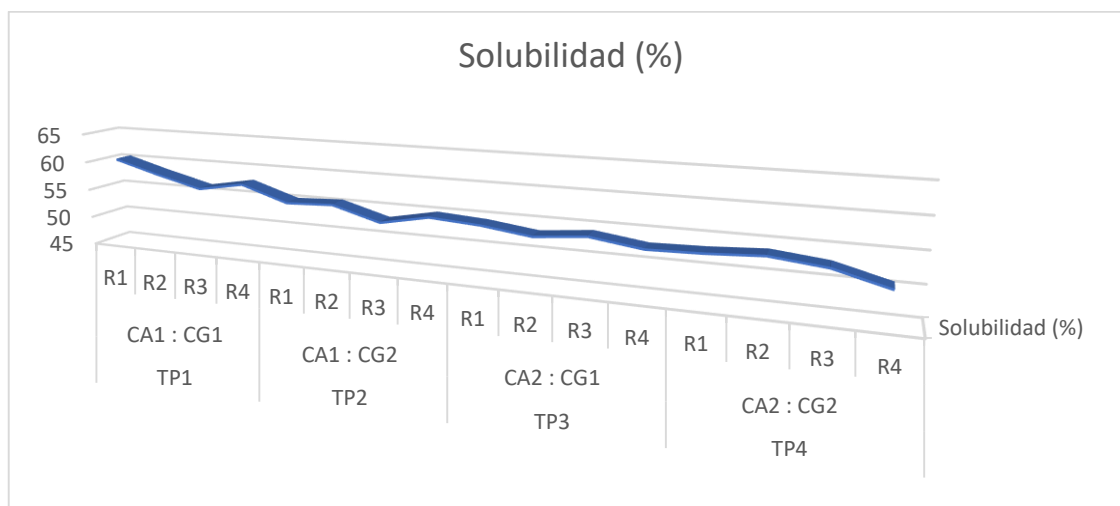


Gráfico 3-3: Representación gráfica del ensayo del porcentaje de solubilidad de las biopelículas obtenidas

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

3.1.4.5. Permeabilidad

Tabla 18-3: Resultados del ensayo de permeabilidad de las biopelículas para los 4 tratamientos

TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA (g/h.m.Mpa)
TP1	CA1 : CG1	R1	0.002523659
		R2	0.002271293
		R3	0.002691903
		R4	0.001962846
			0.002362426
TP2	CA1 : CG2	R1	0.004206099
		R2	0.003259727
		R3	0.003911672
		R4	0.004766912
			0.004036102
TP3	CA2 : CG1	R1	0.002032948
		R2	0.002313354
		R3	0.002523659
		R4	0.002236243
			0.002276551
TP4	CA2 : CG2	R1	0.003785489
		R2	0.004037855
		R3	0.003049422
		R4	0.003575184
			0.003611987

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Los valores de permeabilidad deben ser los más bajos posibles, ya que según (Bourtoom y Chinnan, 2008, p.1637), uno de los objetivos principales de las láminas biodegradables es servir de protección a los alimentos, impidiendo la transferencia de humedad con la atmósfera, conservando de esta forma, las propiedades organolépticas de dichos alimentos.

Los valores del ensayo de permeabilidad para las biopelículas a base de almidón de yuca amarilla y zanahoria blanca resultaron ser significativamente menores a los reportados por (Ibargüen et al., 2015, p.146), en la investigación de “Elaboración y caracterización de películas comestibles a base del gel de aloe vera”, donde obtuvieron valores de 0.08376 hasta 0.1488248 g/h.m.MPa. Como se puede observar en la Tabla 16-3, la biopelícula con una menor permeabilidad al agua se obtuvo en el TP3, aunque las variaciones en cada tratamiento son insignificantes.

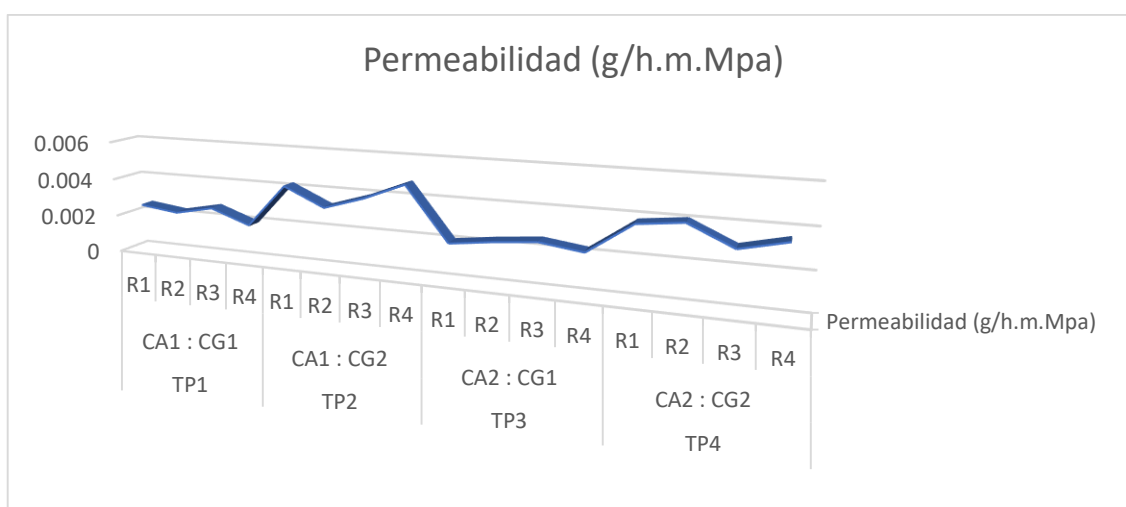


Gráfico 4-3: Representación gráfica del ensayo de permeabilidad de las biopelículas obtenidas
Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

3.1.4.6. Ensayo de tracción

El ensayo de tracción se lo realizó en el Laboratorio de Curtiembres de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, para lo cual se enviaron a analizar 4 probetas correspondientes a los 4 tratamientos realizados para obtener las biopelículas, con la finalidad de determinar la resistencia a la ruptura.

Tabla 19-3: Resultados del ensayo de tracción de las biopelículas para los 4 tratamientos

No.	TRATAMIENTO	ESPESOR (mm)	ESFUERZO TENSION (MPa)	MÓDULO TENSION (Mpa)	ESFUERZO FLEXIÓN (a)	MÓDULO FLEXIÓN (Mpa)	ELONGACIÓN (%)
1	TP1	0.10	1.93	1.05	0.65	3.56	54.29
2	TP2	0.20	1.30	1.30	1.19	1.30	100.00

3	TP3	0.10	1.93	0.94	0.58	3.98	48.57
4	TP4	0.20	1.97	1.46	0.88	2.65	74.29

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.



Figura 4-3: Ensayo de tracción realizado al tratamiento 2

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Según (Trujillo, 2014, p.52), uno de los aspectos fundamentales para los bioplásticos es que posean una alta resistencia a la tracción, ya que el biofilm deberá mantenerse íntegro y conservar las propiedades de barrera cuando se aplica una tensión normal durante el almacenamiento, transporte y uso de la misma, debido a que los alimentos que han sido recubiertos no deben perder su protección, para poder conservar sus propiedades organolépticas, es decir que las biopelículas deben ser resistentes a la rotura y a la abrasión.

En un estudio realizado por (Meza, 2016, p.68), para una biopelícula a base de almidón residual de papa, se obtuvo un valor de esfuerzo máximo de 1.47 MPa y una elongación de 19.99 %, estos valores resultaron ser mínimos a los valores presentados en la Tabla 17-3, donde se puede observar que para el TP1, con un espesor de 0.10 mm, se obtiene un esfuerzo máximo de 1.93 MPa y una elongación de 54.29 % , para el T2, se obtuvo un esfuerzo máximo de 1.30 MPa y una elongación del 100%, en el T3 se puede observar un esfuerzo máximo de 1.93 MPa y una elongación de 48.57 % y para el T4, se determinó un esfuerzo máximo de 1.97 MPa y 74.29% de elongación. Estos valores resultan ser aceptables, destacando la biopelícula del T2.

3.1.4.7. Biodegradabilidad

Para las pruebas de biodegradabilidad se optó por someter a una muestra de cada uno de los tratamientos de las biopelículas a tres entornos diferentes, los cuales son, agua, tierra y aire. Las muestras iniciales tuvieron un área de 3 x 3 cm y cada 5 días durante un mes, se midió su área con un programa de píxeles. Con este programa se logró medir el porcentaje de degradación que cada una de las muestras arrojaba en los distintos medios.

Tabla 20-3: Resultados de biodegradabilidad de la biopelícula en agua

BIODEGRADABILIDAD EN AGUA													
N°	0.00	5	%	10	%	15	%	20	%	25	%	30	%
T1	9.00	8.09	10.11	7.04	21.78	5.93	34.11	3.11	65.44	2.59	71.22	0.32	96.44
T2	9.00	8.66	3.78	7.89	12.33	6.62	26.44	4.24	52.89	2.06	77.11	0.97	89.22
T3	9.00	8.32	7.56	6.54	27.33	4.65	48.33	3.31	63.22	2.77	69.22	0.59	93.44
T4	9.00	8.43	6.33	7.62	15.33	6.01	33.22	3.48	61.33	2.23	75.22	0.71	92.11

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

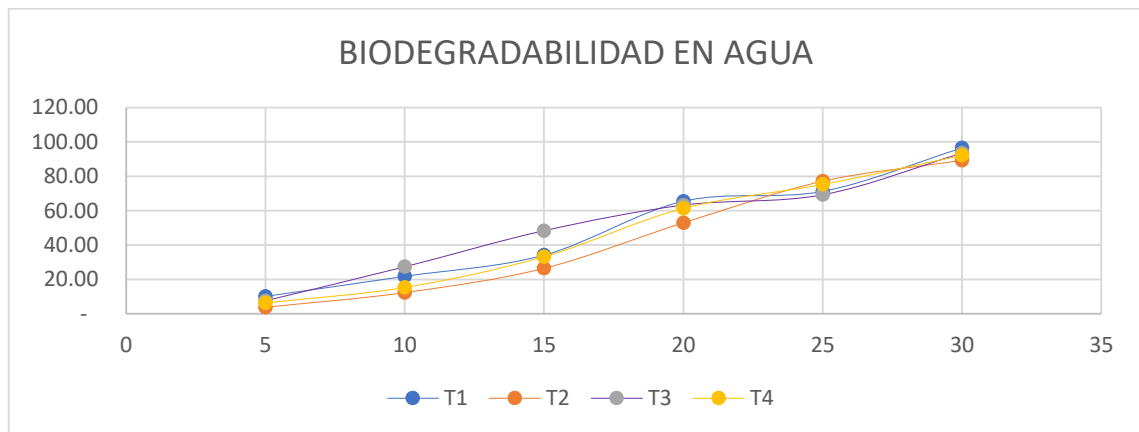


Gráfico 5-3: Representación gráfica de la biodegradabilidad en agua

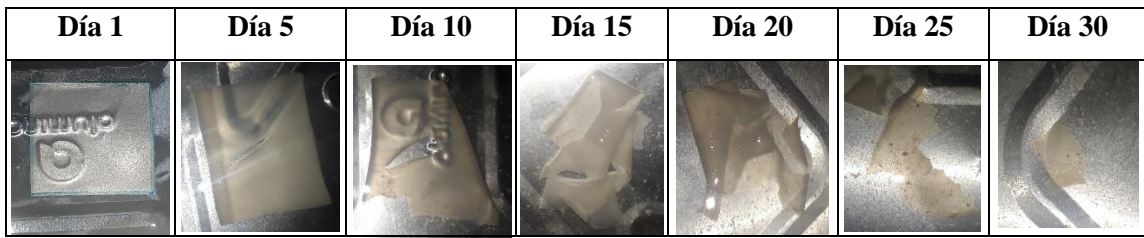
Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Tabla 21-3: Análisis ANOVA para la biodegradación de las biopelícula en agua

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	0.00321429	1	0.00321429	0.00029595	0.98641678	4.25967727
Columnas	0.53765714	1	0.53765714	0.04950353	0.82581203	4.25967727
Interacción	0.20571429	1	0.20571429	0.01894066	0.89168485	4.25967727
Dentro del grupo	260.663657	24	10.8609857			
Total	261.410243	27				

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Tabla 22-3: Aspecto de la biodegradación de la biopelícula en agua



Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Tabla 23-3: Resultados de la biodegradabilidad de la biopelícula en suelo

BIODEGRADABILIDAD EN SUELO													
N°	0.00	5	%	10	%	15	%	20	%	25	%	30	%
T1	9.00	7.98	11.33	6.53	11.33	3.89	56.78	2.12	76.44	1.35	85.00	0.31	96.56
T2	9.00	7.54	16.22	5.57	16.22	5.02	44.22	2.61	71.00	1.02	88.67	0.19	97.89
T3	9.00	8.05	10.56	6.21	10.56	4.09	54.56	3.23	64.11	1.84	79.56	0.52	94.22
T4	9.00	8.12	9.78	6.03	9.78	5.17	42.56	2.88	68.00	2.05	77.22	0.75	91.67

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

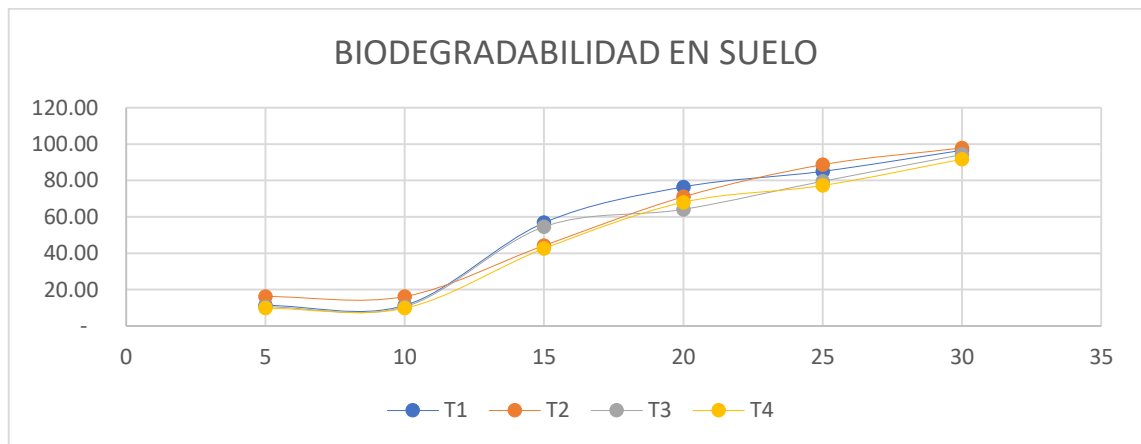


Gráfico 6-3: Representación gráfica de la biodegradabilidad en suelo

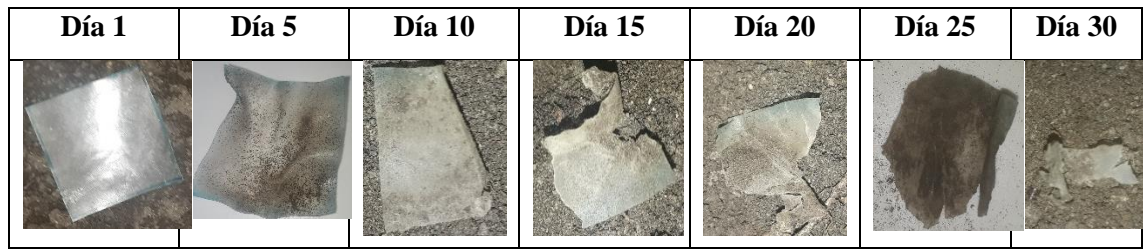
Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Tabla 24-3: Análisis ANOVA para la biodegradación de las biopelícula en suelo

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	0.861003	1	0.861003	0.082951	0.775808	4.259677
Columnas	0.000175	1	0.000175	1.686E-05	0.996757	4.259677
Interacción	0.204003	1	0.204003	0.019654	0.889676	4.259677
Dentro del grupo	249.109314	24	10.379554			
Total	250.174496	27				

Realizado por: Paredes, Joselyn; 2021.

Tabla 25-3: Aspecto de la biodegradación de la biopelícula en suelo



Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Tabla 26-3: Resultados de la biodegradabilidad de la biopelícula en aire

BIODEGRADABILIDAD EN AIRE													
N°	0.00	5	%	10	%	15	%	20	%	25	%	30	%
T1	9.00	8.92	0.89	8.81	2.11	8.42	6.44	7.58	15.78	6.84	24.00	6.12	32.00
T2	9.00	8.97	0.33	8.88	1.33	8.62	4.22	7.99	11.22	7.32	18.67	6.82	24.22
T3	9.00	8.95	0.56	8.85	1.67	8.55	5.00	7.75	13.89	7.07	21.44	6.33	29.67
T4	9.00	8.90	1.11	8.78	2.44	8.39	6.78	7.43	17.44	6.76	24.89	5.98	33.56

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

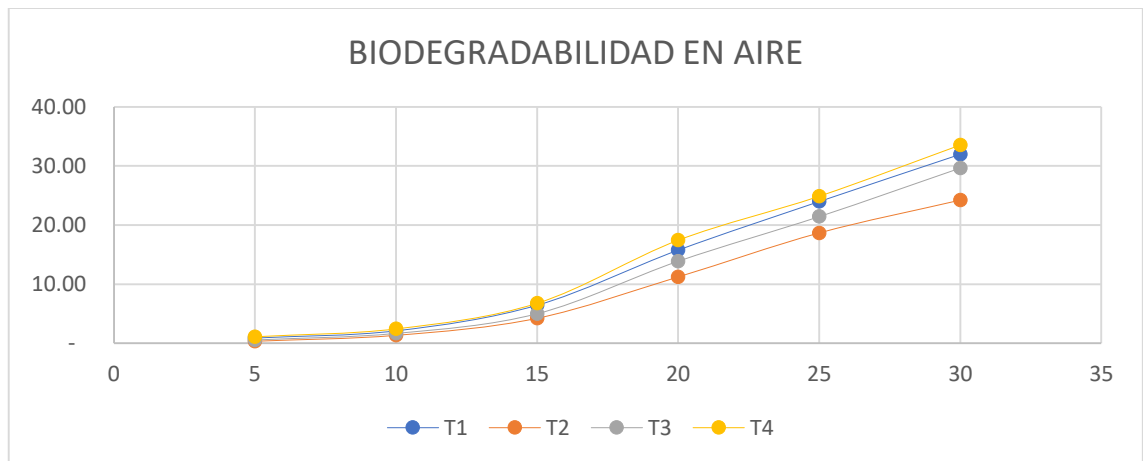


Gráfico 7-3: Representación gráfica de la biodegradabilidad en aire

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Tabla 27-3: Análisis ANOVA para la biodegradación de las biopelícula en suelo

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	0.08580357	1	0.08580357	0.07529538	0.78612533	4.25967727
Columnas	0.01508929	1	0.01508929	0.01324133	0.9093462	4.25967727
Interacción	0.35888929	1	0.35888929	0.31493685	0.57986915	4.25967727
Dentro del grupo	27.3494286	24	1.13955952			
Total	27.8092107	27				

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Para el análisis de biodegradabilidad se optó por someter al bioplástico a 3 medios diferentes (agua, aire, tierra), donde se realizó un seguimiento durante un período de 30 días, anotando los cambios ocurridos cada 5 días, para finalmente calcular el porcentaje de degradación mediante la pérdida de áreas de las muestras colocadas.

Al realizar las pruebas de biodegradabilidad en distintos medios, se evidenció que en un lapso de 30 días las biopelículas logran biodegradarse casi en su totalidad en suelo y agua, mientras que en un medio aerobio la vida útil de las biopelículas se prolonga.

Al realizar el análisis ANOVA para los distintos medios de biodegradabilidad se obtuvieron valores de probabilidad > 0.05 por lo que se deduce que para los 4 tratamientos de las biopelículas no existen diferencias significativas pudiéndose escoger cualquiera de los tratamientos para este ensayo.

El rango de biodegradabilidad en el suelo fue de 94.22 – 97.89 %, para el agua se reportaron valores de 89.22 – 96.44 % y finalmente para aire un rango de 24.22 – 33.56 %; estos valores se compararon con los obtenidos en un estudio realizado por (Ismail et al. 2016), donde se da a conocer que el porcentaje de degradación en una semana de un bioplástico a base de almidones de papa y ñame es del 43 % y 26 %, respectivamente. Se puede apreciar que los valores de biodegradabilidad obtenidos son aceptables.

3.1.5. Resultados de la aplicación de la biopelícula en alimentos

Para validar la eficacia de la biopelícula dentro de la industria de alimentos, se realizó una última prueba la cual consistió en comparar 2 alimentos (fresas) por un determinado tiempo, dejando una fresa al descubierto y otra con el recubrimiento (biopelícula). Después de una semana se realizó un análisis sensorial de las 2 fresas para determinar si el uso de la biopelícula es factible o no.

Tabla 28-3: Análisis sensorial del alimento envuelto con la biopelícula a base de almidón de yuca amarilla y zanahoria blanca.

ANÁLISIS SENSORIAL				
MUESTRA	OLOR	SABOR	TEXTURA	ASPECTO
Fresa sin recubrimiento	Rancio	Agrio	Blanda	Color pálido con moho
Fresa con recubrimiento	Dulce	Dulce	Semiduro	Color rojo semibrillante

Realizado por: Paredes, Joselyn, 2021.

Mediante los resultados presentados en la tabla 28-3, se observan significativas diferencias en las características organolépticas de las frutas, ya que la fresa sin recubrir presentó un estado de putrefacción mientras que la fresa con recubrimiento mantuvo sin cambios considerables las características organolépticas de la fruta.

3.2. Pruebas de Hipótesis

3.2.1. *Determinación de las propiedades adecuadas para la biopelícula en el embalaje de alimentos*

Los almidones de yuca amarilla (*Manihot esculenta*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), que se obtuvieron mediante el método húmedo (por ser el más adecuado debido a su simplicidad, bajo costo, y mayores rendimientos), variando el tiempo de licuado y las revoluciones por minuto, reunieron las características necesarias para ser consideradas como un excelente material polimérico para la formulación de biopelículas que serán usadas en el embalaje de alimentos, al existir una buena relación de amilosa y amilopectina entre los dos almidones y debido al alto contenido de amilosa presente en la yuca amarilla (21.53 %) otorga una facilidad de moldeo y gelificación, obteniéndose biopelículas con una adecuada resistencia mecánica y flexibilidad.

Aceptando la hipótesis general propuesta para la obtención de biopelículas elaboradas a base de almidones de yuca amarilla y zanahoria blanca.

3.2.2. *Determinación de la eficacia de la aplicación del método húmedo en la extracción de almidones, valoración de 4 tratamientos mediante el empleo del diseño factorial 2², formulación de biopelículas mediante la variación de las concentraciones de almidones y glicerina, uso de la biopelícula final obtenida en un producto alimenticio*

Por medio del análisis experimental realizado se aceptarán las hipótesis formuladas.

3.2.2.1. *Determinación de la eficiencia de la aplicación del método húmedo en la extracción de almidones de yuca amarilla y zanahoria blanca*

La aplicación del método húmedo para la obtención de los almidones de yuca amarilla y zanahoria blanca, resultó ser el más idóneo ya que se logró obtener altos valores de rendimiento, 28.93 % y 21.10 %, respectivamente, además de que permitió a los almidones conservar sus propiedades características, lo cual fue de gran importancia en la formulación de las biopelículas, por lo que se acepta la hipótesis ya que las biopelículas obtenidas cuentan con una adecuada flexibilidad,

resistencia mecánica, permeabilidad y porcentaje de humedad, lo cual ayudará a conservar los alimentos.

3.2.2.2. Determinación de la evaluación de 4 tratamientos mediante el empleo del diseño factorial 2² para la extracción de almidones comprobando la idoneidad del material polimérico en las formulaciones de la biopelícula

Para la extracción de los almidones, se aplicó el diseño factorial 2² tomando como variables al tiempo de licuado (45 y 60 s) y las revoluciones por minuto (revolución baja y alta), obteniéndose 4 tratamientos con sus respectivas 4 repeticiones, las cuales se pesaron para poder calcular los respectivos rendimientos, como se puede observar en la Tabla 2-3. Posteriormente con la ayuda del análisis estadístico ANOVA, el cual establece la existencia o no de diferencias significativas entre las medias de 3 o más grupos, se logró determinar que entre los 4 tratamientos tanto para el almidón de zanahoria blanca como para el almidón de yuca amarilla no existen diferencias significativas, ya que las interacciones obtenidas fueron de 0.05 y 0.823, respectivamente, estos valores son ≤ 0.05 , por lo que ya no fue necesario realizar el análisis Tukey. Con este resultado se logró analizar que el rendimiento de los almidones no tendrá relación directa con las variables independientes planteadas al inicio, por esta razón se escogió al T3 como el tratamiento más idóneo en la obtención de los almidones, ya que así se logra una optimización del proceso por trabajar con un tiempo corto de 45 s y una revolución baja, lo que conllevaría a un ahorro de energía industrialmente hablando y por ende abarataría costos, sin verse afectado los rendimientos de los almidones.

Después de obtener los almidones con el T3 se realizó las respectivas caracterizaciones para determinar que el método de extracción húmedo no altera la calidad de los materiales poliméricos, para su posterior uso en la elaboración de biopelículas destinadas al embalaje de alimentos.

3.2.2.3. Aplicación del diseño experimental 2² con el análisis estadístico ANOVA en función del plastificante y el material biopolimérico para la determinación de la formulación óptima de la biopelícula

Para determinar la formulación óptima de las biopelículas, se trabajó con el diseño factorial 2², teniendo en total 16 biopelículas (4 tratamientos con 4 repeticiones), tomando como variables el volumen a usar del plastificante (glicerina), variando entre 2 a 3 ml y la cantidad de almidón de zanahoria blanca, usando de 1 a 2 g. Con la utilización del análisis estadístico ANOVA para los 4 tratamientos se obtuvieron los datos plasmados en la Tabla 12-3, donde se puede visualizar que el valor de la interacción es mayor a 0.05% por lo que no existen diferencias significativas entre los 4 tratamientos, por ende para escoger la formulación más adecuada se realizaron los ensayos

de caracterización de las biopelículas para saber cuál de las formulaciones cumplen con las condiciones más adecuadas, sobre todo en el ensayo de tracción, donde se visualizó que la formulación del T2 es el más idóneo por contar con valores aptos de elongamiento y esfuerzo máximo. Este tratamiento es una mezcla de 1 g de almidón de zanahoria blanca, 8 g de almidón de yuca amarilla, 8 ml de ácido acético, 3 ml de glicerina y 120 ml de agua.

3.2.2.4. Determinación de la aplicación de la biopelícula sintetizada

Se realizó la caracterización de la biopelícula obtenida para determinar si es factible su uso como embalaje de alimentos, para ello se realizó una última prueba, la cual consistió en envolver una fruta (fresa) con el bioplástico y colocar otra fresa al ambiente por un determinado tiempo (7 día). Luego de transcurrido esa semana se realizó un análisis sensorial a las 2 frutas para corroborar si la lámina biodegradable cumple con la función de proteger a los alimentos conservando sus propiedades organolépticas, teniendo resultados muy favorables, debido a que la fruta que fue recubierta conservó en gran medida su textura, apariencia, color y sabor. El punto clave de estas biopelículas es que deben poseer un valor bajo de permeabilidad al agua para evitar el intercambio de humedad del alimento con el ambiente, dicha humedad puede conllevar a una presencia de mohos. Como se puede observar en la Tabla 16-3, la biopelícula del T2 si tiene un valor bajo de permeabilidad.

Después de las evidencias presentadas en estos puntos se aceptan las hipótesis específicas planteadas en esta investigación.

CONCLUSIONES

- La extracción de los almidones por el método húmedo resultó ser idóneo, debido a que se obtuvieron altos porcentajes de rendimiento, 24.268% para la yuca amarilla y 13.412% para la zanahoria blanca, que comparado con la literatura son rendimientos aceptables para tubérculos, con el análisis ANOVA realizado se concluyó que no existen diferencias significativas entre los 4 tratamientos de extracción, por lo que se puede escoger cualquiera de estos, escogiéndose el T3 para los 2 almidones, como una vía de optimización del proceso por contar con una revolución baja y un tiempo de trituración de 45 s, de esta manera se genera un ahorro en la energía eléctrica. Los valores altos de rendimiento se deben también a que durante las operaciones de triturado, decantado natural y tamizado se trabajó adecuadamente.
- Realizadas las respectivas caracterizaciones de los almidones se observó que tras la extracción por el método húmedo no se generaron alteraciones significativas en sus propiedades, para el almidón de yuca amarilla se evidenció que es un producto de calidad ya que todos los valores de los parámetros físico químicos obtenidos están dentro de los rangos establecidos por la FAO, destacando el alto contenido de amilosa (21.53%), mientras que para el almidón de zanahoria blanca se obtuvo un valor de humedad, viscosidad y pH ligeramente superiores a los establecidos, pero no representan ningún problema para la realización de las biopelículas. Mientras que en los análisis microbiológicos se obtuvieron resultados satisfactorios, ya que no presentaron contaminación alguna, hubo una total ausencia de coliformes fecales y de mohos y levaduras para ambas materias primas, resultando materiales biopoliméricos idóneos para la formulación de películas biodegradables, estos análisis son de vital importancia debido a que la biopelícula estará en contacto directo con alimentos.
- A partir de los almidones obtenidos de yuca amarilla y zanahoria blanca más aditivos (glicerina, ácido acético, agua) se formularon 4 tratamientos con sus respectivas 4 repeticiones para la elaboración de biopelículas usando el diseño factorial 2^2 , tomando como variables la cantidad de almidón de zanahoria blanca (1-2 g) y el volumen de glicerina (2-3 ml), manteniendo valores constantes de ácido acético, agua y almidón de yuca amarilla, 8 ml, 120 ml y 8 g, respectivamente, para escoger la formulación más adecuada se realizó un análisis ANOVA, pero no hubieron diferencias significativas entre los 4 tratamientos, por lo cual se recurrió a los resultados de las pruebas mecánicas, tomando como la mejor formulación al TP2 (1 g de almidón de zanahoria blanca, 8 g de almidón de yuca amarilla, 8 ml de ácido acético, 3 ml de glicerina y 120 ml de agua), ya que esta biopelícula obtuvo un espesor de 0.1 mm, 100 % de elongación y un esfuerzo máximo de 1.30 MPa, convirtiéndolo en la película más resistente y flexible en comparación al resto.
- Para evidenciar que la biopelícula cumpla con el objetivo de proteger a los alimentos, se realizó un ensayo entre 2 fresas, una recubierta con el bioplástico y otra al ambiente, se observaron

los cambios ocurridos durante 7 días, la fresa sin recubrir presentó una apariencia, olor y sabor desagradable, mientras que la fresa con recubrimiento no presentó cambios significativos y se logró mantener las propiedades organolépticas características de esta fruta, por lo que se comprobó que la biopelícula actúa como una barrera evitando el intercambio de humedad del alimento con el ambiente.

RECOMENDACIONES

- Durante o después del proceso de extracción de los almidones, se recomienda realizar modificaciones físicas o químicas a estos productos, para mejorar las propiedades mecánicas y de barrera a la humedad de las biopelículas, para aumentar el tiempo de conservación de los alimentos.
- En la formulación de las biopelículas se recomienda contar con un equipo de moldeo adecuado y estandarizado de películas planas y delgadas para evitar las fluctuaciones de espesores.
- Realizar experimentaciones con otros tipos de materiales plastificantes para determinar si hay mejoras en las propiedades de las biopelículas o bien para tratar de reemplazar a la glicerina, para economizar la producción de los biofilms.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, E., SEGREDA, A., SABORÍO, D., MORALES, J., CHACÓN, M., RODRÍGUEZ, L., ACUÑA, P., TORRES, S. y GÓMEZ, Y., 2017. MANUAL DEL CULTIVO DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) [en línea]. San José: C. R.: INTA. ISBN 9789968586160. Disponible en: www.altdigital.co.

ALARCÓN, F. y DUFOUR, D., 1998. Almidón Agrio de Yuca en Colombia [en línea]. Colombia: CIAT. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=o8hiDT4SgjUC&pg=PA9&dq=almidon&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjdmvWP8bXtAhVH2FkKHR4WAIQQ6AEwAHoECAIQAg#v=onepage&q=almidon&f=false>.

ALVIS, A., VÉLEZ, C., VILLADA, H. y RADA-MENDOZA, M., 2008. Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. *Informacion Tecnologica* [en línea], vol. 19, no. 1, pp. 19-28. ISSN 07168756. DOI 10.4067/s0718-07642008000100004. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642008000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

ARISTIZÁBAL, J. y SÁNCHEZ, T., 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca [en línea]. Roma: FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

ARONE, D., 2019. Determinación de las propiedades físicoquímicas, tecnofuncionales y microbiológicas del almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) de las variedades blanca, amarilla y morada [en línea]. Perú: Universidad Nacional José María Arguedas. Disponible en: http://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/123456789/584/Dannya_Tesis_Bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

BARRERA, V., BRITO, B., CAICEDO, C., CÓRDOVA, J., ESPÍN, S., ESPINOSA, P., ESTRELLA, J., HEREDIA, G., MERINO, F., MONTEROS, A., MUÑOZ, L., NIETO, M., TAPIA, C., VALVERDE, F. y VILACRÉS, E., 2004. Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). [en línea]. Quito: Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3261/1/iniapscCD55p3.pdf>.

BOURTOOM, T. y CHINNAN, M., 2008. Preparation and properties of rice starch-chitosan

blend biodegradable film. LWT - Food Science and Technology, vol. 41, no. 9, pp. 1633-1641. ISSN 00236438. DOI 10.1016/j.lwt.2007.10.014.

CÁCERES, G., CONDORI, P., LLANOS, S., MAMANI, N., SÁNCHEZ, F. y SERRUTO, G., 2019. Plasti – Quito. Sincretismo - Revista de Divulgación [en línea], vol. 1, pp. 79-82. Disponible en: <https://revistas.unam.edu.pe/index.php/sincretismo/article/view/18/14>.

CARRASCO, L. y VÁSQUEZ, M., 2018. Extracción de almidón. [en línea]. [Consulta: 3 diciembre 2020]. Disponible en: <https://es.calameo.com/read/005193087c8fe3b2314cf>.

CHUIZA, M., RODRÍGUEZ, A. y BRITO, Hannibal, 2020. No Title. Dominio de las Ciencias [en línea], vol. 6, no. 2, pp. 981-994. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Hannibal_Brito/publication/343005745_Produccion_de_laminas_de_plastico_biodegradables_a_partir_del_almidon_de_arracacia_xanthorrhiza/links/5f1116f592851c1eff183141/Produccion-de-laminas-de-plastico-biodegradables-a-par.

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

COBANA, M. y ANTEZANA, R., 2007. PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA POR VÍA SECA. REVISTA BOLIVIANA DE QUÍMICA , Composición Nutricional de yuca amarilla. Fundación Universitaria Iberoamericana [en línea], 2005. Disponible en: <https://www.composicionnutricional.com/alimentos/YUCA-AMARILLA-5>.

CORREA, D., CASTAÑO, M. y MONTOYA, J., 2017. Influencia del método de extracción en las propiedades funcionales de almidón de plátano dominico hartón (musa paradisiaca l.). UGCiencia [en línea], vol. 23, pp. 97-100. ISSN 2346-0814. Disponible en: <https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/792>.

CUZCO, T. y GUAMBAÑA, S., 2019. Obtención de harina a partir de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) en condiciones óptimas de temperatura, tiempo y espesor de la rodaja y

su aplicación en dietas alimenticias [en línea]. Cuenca: Universidad de Cuenca. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33534/1/Trabajo de Titulación.pdf>.

ESCOBAR, D., SALA, A., SILVERA, C., HARISPE, R. y MARQUÉZ, R., 2009. 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. Laboratorio Tecnológico del Uruguay [en línea], vol. 4, pp. 33-36. Disponible en: <https://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTEC/article/view/51/42>.

ESPINA, M., CRUZ-TIRADO, J.P. y SICHE, R., 2016. Propiedades mecánicas de bandejas elaboradas con almidón de especies vegetales nativas y fibras de residuos agroindustriales. Scientia Agropecuaria [en línea], vol. 7, no. 2. DOI 10.17268/sci.agropecu.2016.02.06. Disponible en: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>.

FERNANDO, A., 2015. Análisis de la degradación, desintegración y biodegradabilidad de bolsas de poliéster y almidón en compostaje de residuos urbanos: escalas de laboratorio e industrial. [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 5 marzo 2021]. Disponible en: http://oa.upm.es/39321/1/AIDA_FERNANDO_DE_FUENTES.pdf.

FIGUEROA, P., TELLERÍA, J., PASTRANA, L., FUCIÑOS, C., VILARIÑO, J. y SARTAL, A., 2019. Bioplásticos: Envases y embalajes activos e inteligentes. [en línea]. Galicia: Disponible en: http://g4plus.uvigo.es/wp-content/uploads/2019/03/Bioplásticos_Informe-final.pdf.

GEYER, R., JAMBECK, J. y LAVENDER, K., 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. Science Advances [en línea], vol. 3, no. 7, pp. 2. DOI 10.1126/sciadv.1700782. Disponible en: <https://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782>.

GÓNGORA, J., 2014. La industria del plástico en México y el mundo. Comercio Exterior [en línea], vol. 64, no. 5, pp. 6-9. Disponible en: http://www.bibliotecadelplastico.com.mx/Plasticos/0098_La_industria_del_plastico_en_Mexico_y_el_mundo.pdf.

GONZÁLEZ, M., 2016. INNOVACION DE POSTRES INCORPORANDO RAICES ANDINAS CON EL FIN DE RESCATAR SU VALOR GASTRONOMICO EN LA CIUDAD DE CUENCA [en línea]. Cuenca: Universidad de Cuenca. [Consulta: 4 marzo 2021]. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/24477/1/monografía.pdf>.

GUAMÁN, J., 2019. OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES A PARTIR DE ALMIDÓN DE CASCARAS DE PAPA PARA SU APLICACIÓN INDUSTRIAL [en línea]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>.

HERNÁNDEZ, M., TORRUCO, J., CHEL, L. y BETANCUR, D., 2008. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. Food Science and Technology [en línea], vol. 28, no. 3, pp. 718-726. DOI <https://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000300031>. Disponible en: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612008000300031.

HIGUERA, M. y PRADO, R., 2013. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ÓPTIMOS DE PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE SNACKS A PARTIR DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) [en línea]. Ibarra: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE. Disponible en: http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3452/1/03_EIA_337_TESIS.pdf.

HINOSTROZA, F., MENDOZA, M., NAVARRETE, M. y MUÑOZ, X., 2014. Cultivo de yuca en el Ecuador. [en línea]. Portoviejo: Disponible en: <http://www.agricultura.gob.ec/sinagap/>.
IBARGÜEN, O., PINZÓN, M. y ARBELAÉZ, L., 2015. Elaboración y caracterización de películas comestibles a base del gel de aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller L.). Alimentos Hoy, vol. 23, no. 36, pp. 133-149. ISSN 2027-291X.

ISI, 2002. International Starch: ISI 17 Determinación de la viscosidad del almidón por Brookfield. [en línea]. Science Park Aarhus, Dinamarca: Disponible en: <http://starch.dk/isi/methods/17brookfield.htm>.

ISMAIL, N., MOHD, S., NORIHAN, Y., ABDUL, M., KHAIRUDDIN, N., HASHIM, I., ROSLI, N. y ABDULLAH, M., 2016. Síntesis y caracterización de bioplásticos biodegradables a base de almidón. Foro de ciencia de materiales, vol. 846, pp. 673-678. DOI <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.846.673>.

JORDÁN, R., 2018. Desarrollo de una fórmula para un postre instantáneo a partir de harinas de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) y zapallo (*Cucurbita maxima* Duchesne) [en línea]. Guayaquil: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/10198/1/T-UCSG-PRE-TEC-CIA-26.pdf>.

LAFUENTE, G., 2017. «GLICEROL: SÍNTESIS Y APLICACIONES» [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA. Disponible en: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente/Lafuente_Aranda_Gustavo_TFM.pdf.

MEZA, P., 2016. ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE ALMIDÓN RESIDUAL OBTENIDO DE PELADORAS DE PAPA Y DETERMINACIÓN DE SU BIODEGRADABILIDAD A NIVEL DE LABORATORIO [en línea]. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2016/Q60-M49-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

MOORTHY, S., 2002. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches. *Starch/Stärke*, vol. 54, pp. 559-592.

MORENO, Á., HUMARÁN, V., BÁEZ, E., BÁEZ, G. y LEÓN, A., 2017. TRANSFORMACIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA, MUCÍLAGO DE NOPAL Y SÁBILA EN BIOPLÁSTICOS COMO PRODUCTOS DE VALOR AGREGADO AMIGABLES CON EL AMBIENTE. *Ra Ximhai* [en línea], vol. 13, no. 3, pp. 365-382. ISSN 1665-0441. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/461/46154070021.pdf>.

MORENO, G., 2015. Utilización de harina de plátano (*Musa balbisiana*), en el desarrollo de películas biodegradables activas [en línea]. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/11979/1/AL_572.pdf.

MUÑOZ, J., HINOSTROZA, F. y MENDOZA, M., 2017. La yuca en Ecuador: su origen y diversidad genética [en línea]. Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador. Disponible en: http://www.uagraria.edu.ec/publicaciones/revistas_cientificas/16/058-2017.pdf.

NÁRVAEZ, M., 2016. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ Colegio de Ciencias e Ingenierías Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón. Edimarket,

NAVIA, D., 2011. DESARROLLO DE UN MATERIAL PARA EMPAQUES DE ALIMENTOS A PARTIR DE HARINA DE YUCA Y FIBRA DE FIQUE [en línea]. S.l.: Universidad del Valle. Disponible en: https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/8845/TESIS_MAESTRÍA_Diana_Navia.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

OCEAN CONSERVANCY, 2020. International COASTAL Cleanup. [en línea]. S.l.: Disponible en: https://oceanconservancy.org/wp-content/uploads/2020/09/2020-Report_FINAL.pdf.

ONU MEDIO AMBIENTE, 2018. Plásticos de un solo uso. [en línea]. S.l.: Disponible en: http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25496/singleUsePlastic_SP.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

PARRA, M., 2018. VARIABILIDAD GENÉTICA DE SIETE CULTIVARES DE ARRACACHA (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) PRODUCIDOS EN LOS MUNICIPIOS DE BOYACÁ Y TURMEQUÉ (BOYACÁ) UTILIZANDO MARCADORES MICROSATÉLITES [en línea]. S.l.: Universidad Militar Nueva Granada. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/18146/ParraFuentesMadeleyne2018.pdf?sequence=2>.

PÉREZ, C. y YÉPEZ, A., 2009. Suplementación con yuca y follaje de yuca (*Manihot esculenta* crantz) en ganado doble propósito en época de verano [en línea]. Bogotá: Universidad de la Salle. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia>.

PÉREZ, H. y RODRÍGUEZ, I., 2019. Cultivos tropicales de importancia económica en Ecuador (arroz, yuca, caña de azúcar y maíz). S.l.: UTMACH. ISBN 9788578110796.

PROAÑO, G., 2020. Análisis de la normativa pública para la reducción del uso de envases plásticos en Ecuador [en línea]. S.l.: Universidad Tecnológica Israel. Disponible en: <http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/2512/1/UISRAEL-EC-MASTER-ADMP-378.242-2020-017.pdf>.

QUIROGA, C., 2009. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE TRES FUENTES SUBUTILIZADAS DE ALMIDÓN DE LA REGIÓN ANDINA DE BOLIVIA. UPB- Investigación y Desarrollo [en línea], vol. 9, pp. 81-94. Disponible en: <http://www.upb.edu/sites/default/files/8-ID9CQuirogaRes.pdf>.

RIMAC, A., 2019. BIOPLÁSTICOS [en línea]. S.l.: Universidad Científica del Sur. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12805/806>.

RÍO, F., RAMÓN, J., DÍAZ, E., RONCAL, T., CADIerno, U. y TORRENCILLA, J., 2007. BIOPLÁSTICOS [en línea]. S.l.: Fundación LEIA. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/257652567_BIOPLASTICOS.

RODRÍGUEZ, A., 2012. Biodegradabilidad de materiales bioplásticos. Ciencia y Tecnología de Alimentos [en línea], vol. 22, no. 3, pp. 69-72. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/328676031_Biodegradabilidad_de_materiales_bioplasticos.

RODRÍGUEZ, M., 2011. Elaboración de un producto tipo colado a partir de almidones modificados y harinas de Arracacia xanthorrhiza Bancroft [en línea]. Caracas: Universidad Central de Venezuela. Disponible en: http://caelum.ucv.ve/bitstream/123456789/8816/1/Tesis_MILAGROS_RODRIGUEZ.pdf.

RODRÍGUEZ, S., 2010. CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y NUTRICIONAL DE LA ZANAHORIA DEL ECOTIPO BLANCA (ARRACACIA XANTHORRHIZA ESCULENTA) CULTIVADAS EN SUELOS EDAFOCLIMÁTICOS ARCILLOCALIZOS, AIREADOS EN LAS PROVINCIAS PICHINCHA Y TUNGURAHUA DEL ECUADOR [en línea]. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4891/1/43584_1.pdf.

ROJAS, M., 2012. ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA YUCA (Manihot esculenta Crantz) Y SUS EFECTOS EN LA CALIDAD DE HOJUELAS FRITAS PARA SU PROCESAMIENTO EN LA EMPRESA PRONAL S.A. [en línea]. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Disponible en: <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoyanexos/633682R741.pdf>.

ROSALES, A., 2016. 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 [en línea]. Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>.

RUTIAGA, O., 2002. ELABORACION DE PELÍCULAS PLASTICAS FLEXIBLES A PARTIR DE POLIMEROS NATURALES COMO UNA ALTERNATIVA DE EMPAQUE Y LA EVALUACION DE SUS PROPIEDADES [en línea]. Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/5603/1/1080124502.PDF>.

SALAS, S., 2018. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN DE ARRACACHA (Arracacia xanthorrhiza)

MODIFICADO POR IRRADIACIÓN UV-C. [en línea]. S.l.: Universidad del Tolima. Disponible en: http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/2488/1/T_0959_004_CD5934_APROBADO_SANDRA_YINNETH_SALAS_CUESTAS.pdf.

SEGURA, D., NOGUEZ, R. y ESPÍN, G., 2007. Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables. *Biotecnología* [en línea], vol. 14, pp. 361-371. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Raul_Noguez2/publication/242144167_Contaminacion_ambiental_y_bacterias_productoras_de_plasticos_biodegradables/links/565cc57f08aefe619b253fd3.pdf.

SOLARTE, J., DÍAZ, A., OSORIO, O. y MEJÍA, D., 2019. Rheological and functional properties of the starch from three varieties of Creole potato. *Informacion Tecnologica* [en línea], vol. 30, no. 6, pp. 35-44. ISSN 07180764. DOI 10.4067/S0718-07642019000600035. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600035>.

SUÁREZ, L. y MEDEROS, V., 2011. APUNTES SOBRE EL CULTIVO DE LA YUCA (Manihot esculenta Crantz). *TENDENCIAS ACTUALES. Cultivos Tropicales* [en línea], vol. 32, no. 3, pp. 27-35. Disponible en: http://www.inca.edu.cu/otras_web/revista/EDICIONES.htm.

TORRES, A., MONTERO, P. y DURAN, M., 2013. Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (Colocasia esculenta)*. *Revista Lasallista de Investigación* [en línea], vol. 10, no. 2, pp. 52-61. ISSN 1794-4449. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69529816007>.

TRUJILLO, C., 2014. OBTENCIÓN DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA (Manihot esculenta Crantz) DOBLEMENTE MODIFICADO PARA USO EN EMPAQUE DE ALIMENTOS [en línea]. Perú: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Disponible en: <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

VARGAS, P. y HERNÁNDEZ, D., 2013. Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 25, no. 6, pp. 37-45. ISSN 0379-3982. DOI 10.18845/tm.v26i1.1120.

VELÁZQUEZ, A. y GUERRERO, J., 2013. Recubrimientos de frutas con biopelículas. *Revista*




Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos [en línea], vol. 2, pp. 23-299. Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54233870/peliculas_comestibles.pdf?1503584676=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DRecubrimientos_de_frutas_con_biopelicula.pdf&Expires=1607139482&Signature=eWicxrokhOOYSeckjAeNV~FduD73X438M2xU7wh2q00SX-F.

VILLARROEL, P., GÓMEZ, C., VERA, C. y TORRES, J., 2018. Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. Revista Chilena de Nutrición [en línea], vol. 45, no. 3, pp. 271-278. DOI <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182018000400271>. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182018000400271#:~:text=La amilosa%2C que es esencialmente,componente principal del polisacárido1.](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182018000400271#:~:text=La%20amilosa%20que%20es%20esencialmente,componente%20principal%20del%20polisac%C3%A1rido1.)

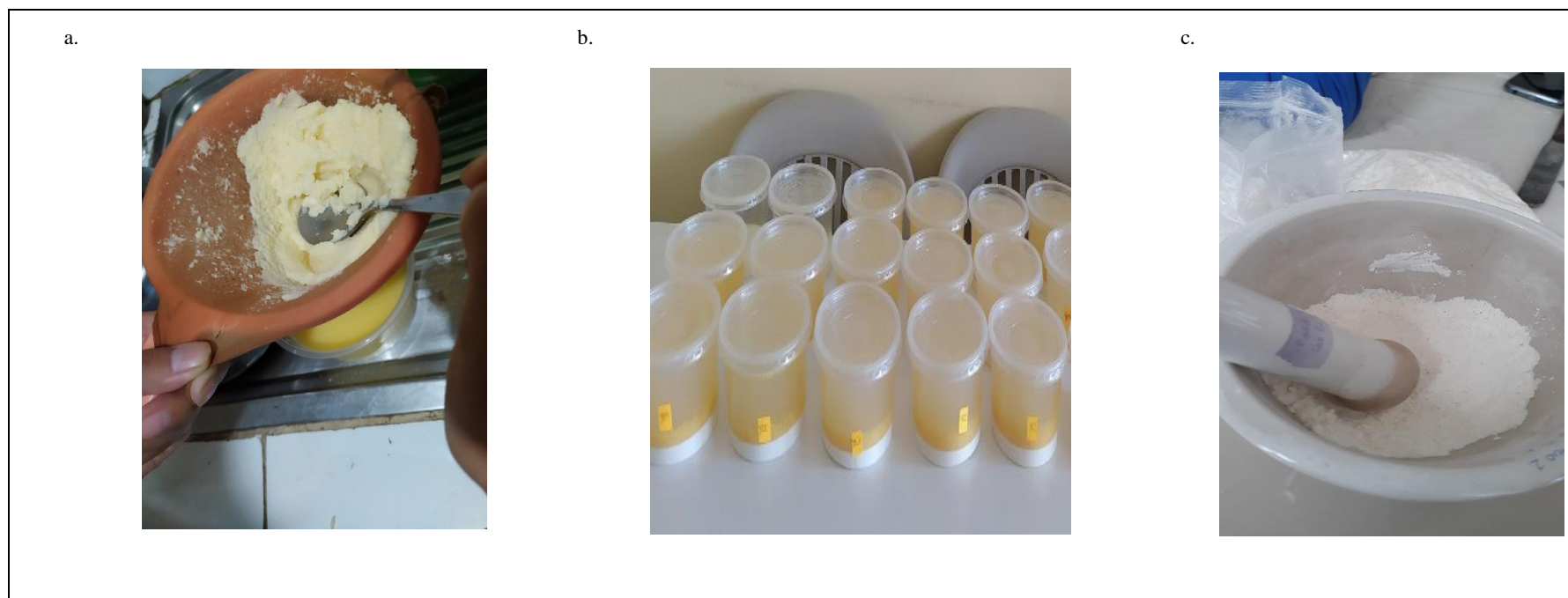
XU, Y.X., KIM, K.M., HANNA, M.A. y NAG, D., 2005. Chitosan-starch composite film: Preparation and characterization. Industrial Crops and Products [en línea], vol. 21, no. 2, pp. 185-192. ISSN 09266690. DOI 10.1016/j.indcrop.2004.03.002. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669004000482>.

ANEXOS

ANEXO A: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA AMARILLA (*Manihot esculenta*)

<p>a.</p> 	<p>b.</p> 	<p>c.</p> 			
<p>NOTAS</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>Elaborado por: Joselyn Dayana Paredes Paucar</p>	<p>EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA AMARILLA (<i>Manihot esculenta</i>)</p>		
<p>a. Limpieza y lavado de la materia prima b. Troceado del tubérculo c. Licuado de la yuca amarilla</p>	<p>✔ ✔ ✔ ✔ ✔</p> <p>Aprobado Certificado Por aprobar Por calificar Por verificar</p>		<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>
			<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>2021/03/10</p>

ANEXO B: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA AMARILLA (*Manihot esculenta*)



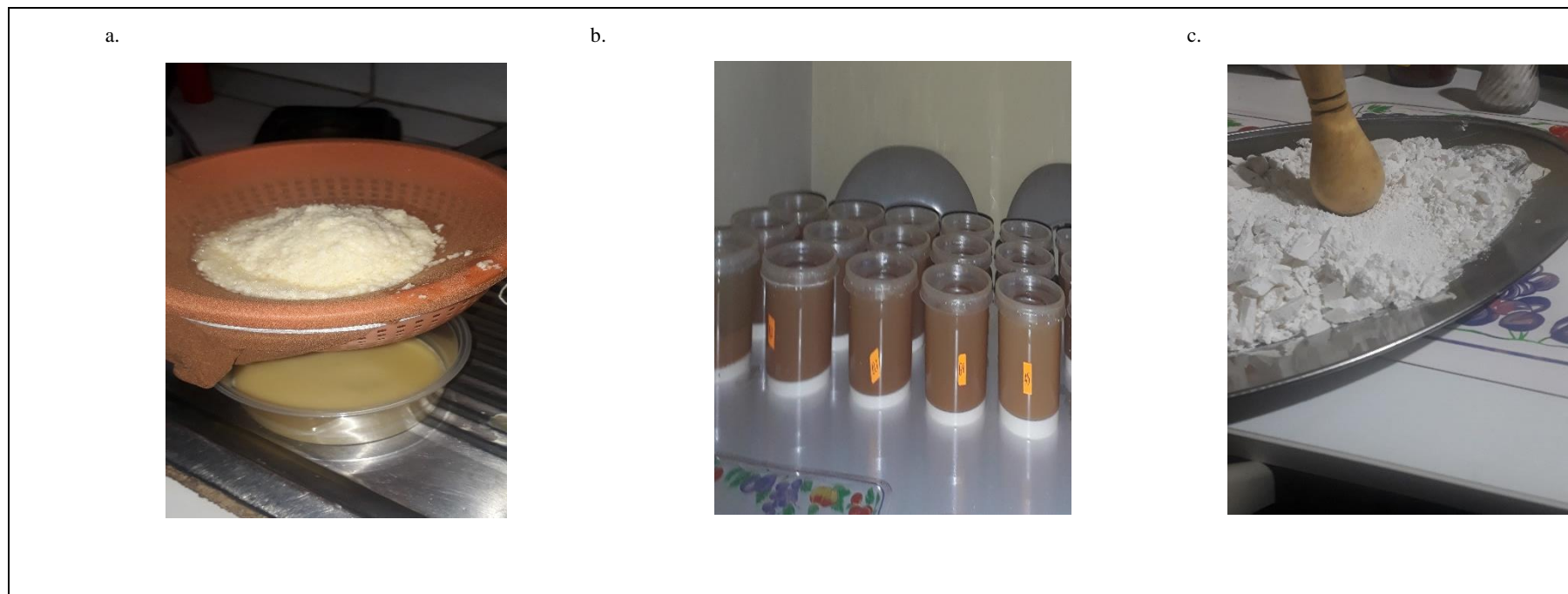
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p> <p align="center"> Elaborado por: Joselyn Dayana Paredes Paucar </p>	EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA AMARILLA (<i>Manihot esculenta</i>)		
a. Filtrado del almidón de yuca amarilla b. Sedimentación del almidón c. Trituración del almidón de yuca amarilla	➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/03/10

ANEXO C: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*)



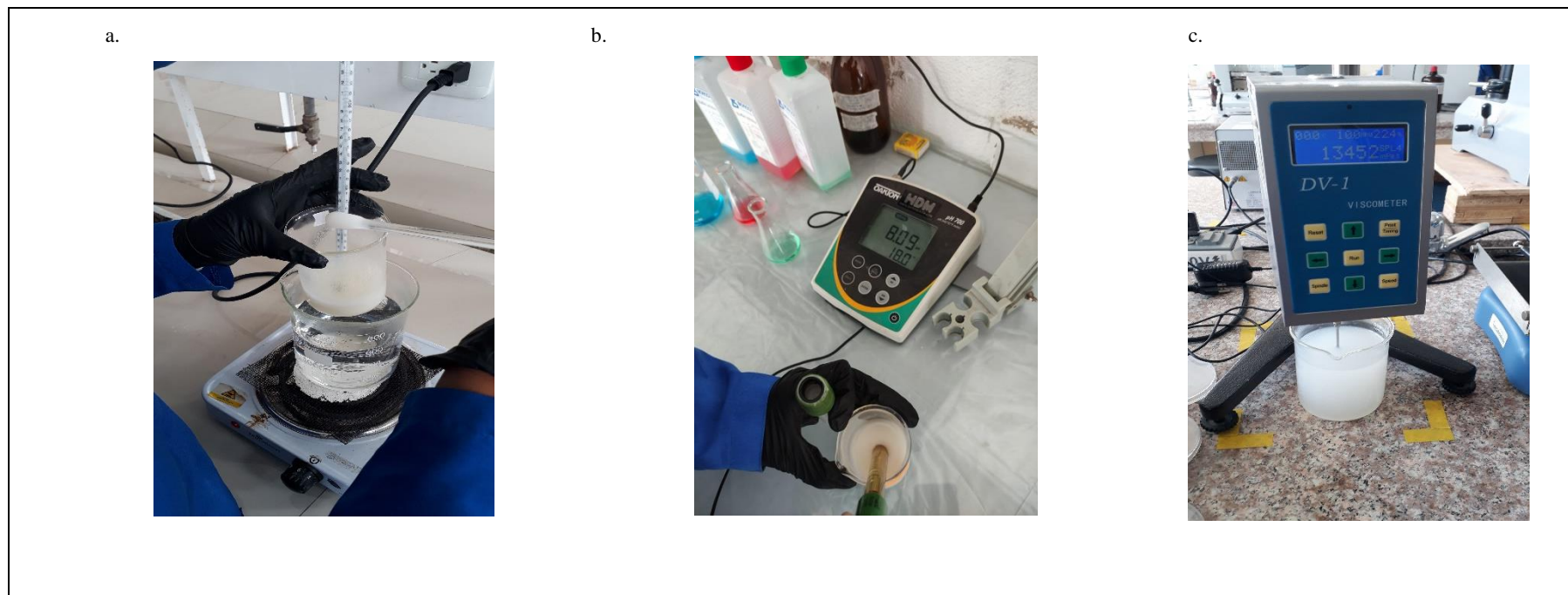
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Elaborado por: Joselyn Dayana Paredes Paucar </p>	EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>)		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a. Limpieza y lavado de la materia prima b. Pesaje del tubérculo troceado c. Licuado de la zanahoria blanca	✔ ✔ ✔ ✔ ✔		1	1:1	2021/03/10

ANEXO D: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*)



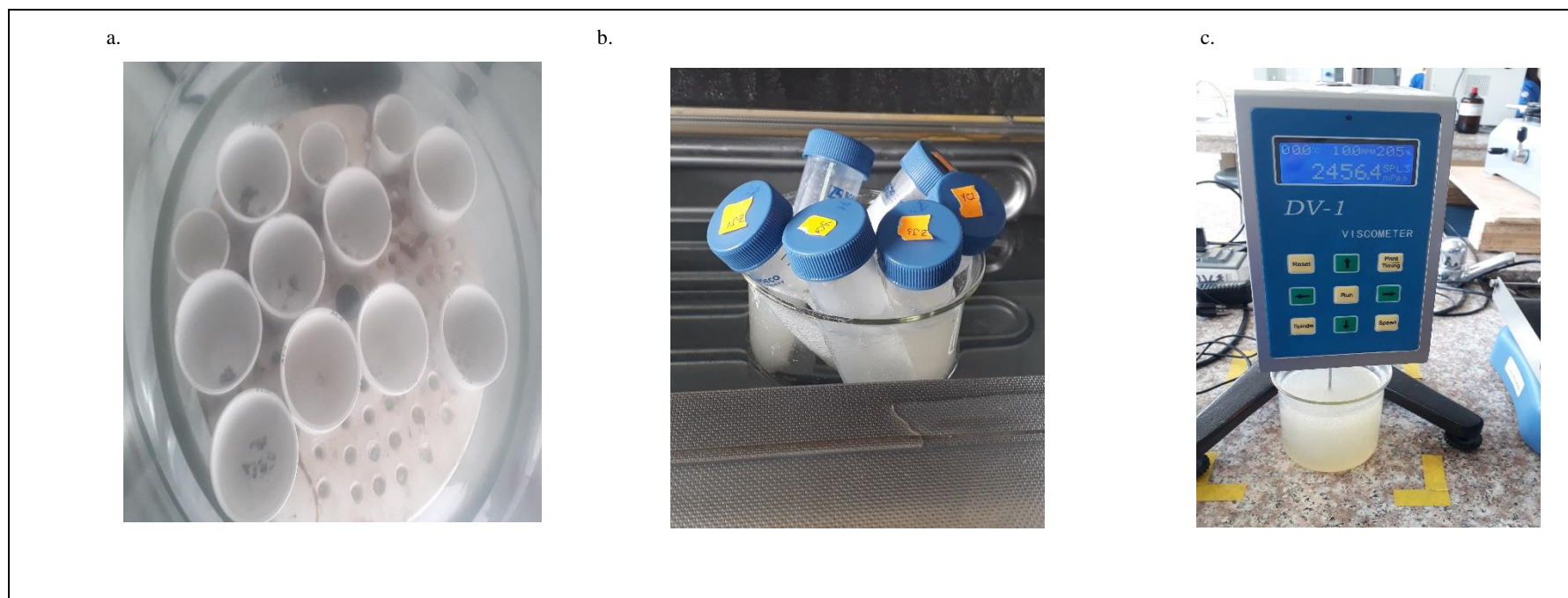
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p> <p align="center"> Elaborado por: Joselyn Dayana Paredes Paucar </p>	EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>)		
<p>a. Filtrado del almidón</p> <p>b. Almidón de zanahoria blanco sedimentado</p> <p>c. Triturado del almidón seco</p>	<p>➤ Aprobado</p> <p>➤ Certificado</p> <p>➤ Por aprobar</p> <p>➤ Por calificar</p> <p>➤ Por verificar</p>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/03/10

ANEXO E: CARACTERIZACIÓN DE LOS ALMIDONES DE YUCA AMARILLA Y ZANAHORIA BLANCA



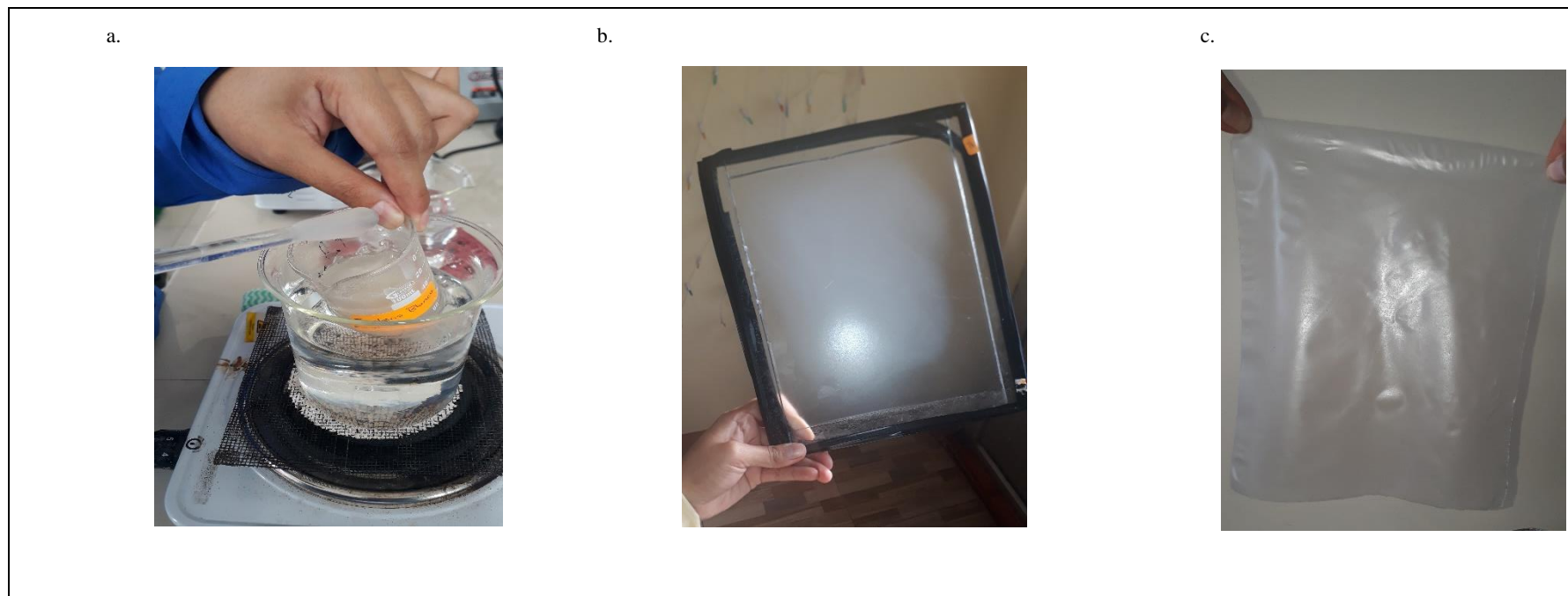
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p> <p align="center"> Elaborado por: Joselyn Dayana Paredes Paucar </p>	CARACTERIZACIÓN DE LOS ALMIDONES DE YUCA AMARILLA (<i>Manihot esculenta</i>) Y ZANAHORIA BLANCA (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>)		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a. Temperatura de gelatinización del almidón de yuca amarilla b. Determinación del pH del almidón de zanahoria blanca c. Determinación de la viscosidad del almidón de yuca amarilla	➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar		1	1:1	2021/03/10

ANEXO F: CARACTERIZACIÓN DE LOS ALMIDONES DE YUCA AMARILLA Y ZANAHORIA BLANCA






NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p> <p align="center"> Elaborado por: Joselyn Dayana Paredes Paucar </p>	CARACTERIZACIÓN DE LOS ALMIDONES DE YUCA AMARILLA (<i>Manihot esculenta</i>) Y ZANAHORIA BLANCA (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>)		
a. Determinación de cenizas de los almidones de yuca amarilla y zanahoria blanca b. Determinación del índice de solubilidad de los almidones c. Determinación de la viscosidad del almidón de zanahoria blanca	➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/03/10

ANEXO G: FORMULACIÓN DE LAS BIOPELÍCULAS A BASE DE ALMIDONES DE YUCA AMARILLA Y ZANAHORIA BLANCA



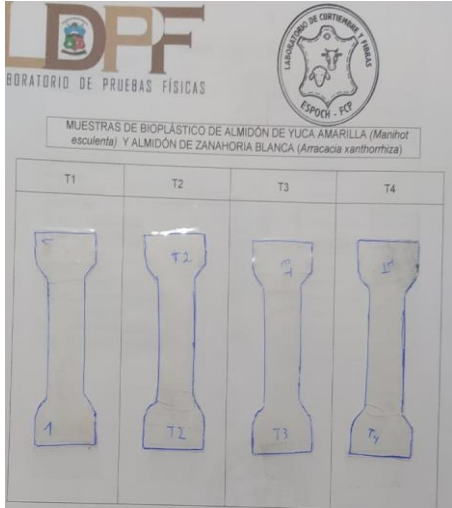


NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p> <p align="center"> Elaborado por: Joselyn Dayana Paredes Paucar </p>	FORMULACIONES DE LAS BIOPLEÍCULAS A BASE DE ALMIDONES DE YUCA AMARILLA Y ZANAHORIA BLANCA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a. Formulación de las biopelículas b. Secado en molde de la biopelícula c. Biopelícula obtenida del T2	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar 		1	1:1	2021/03/10

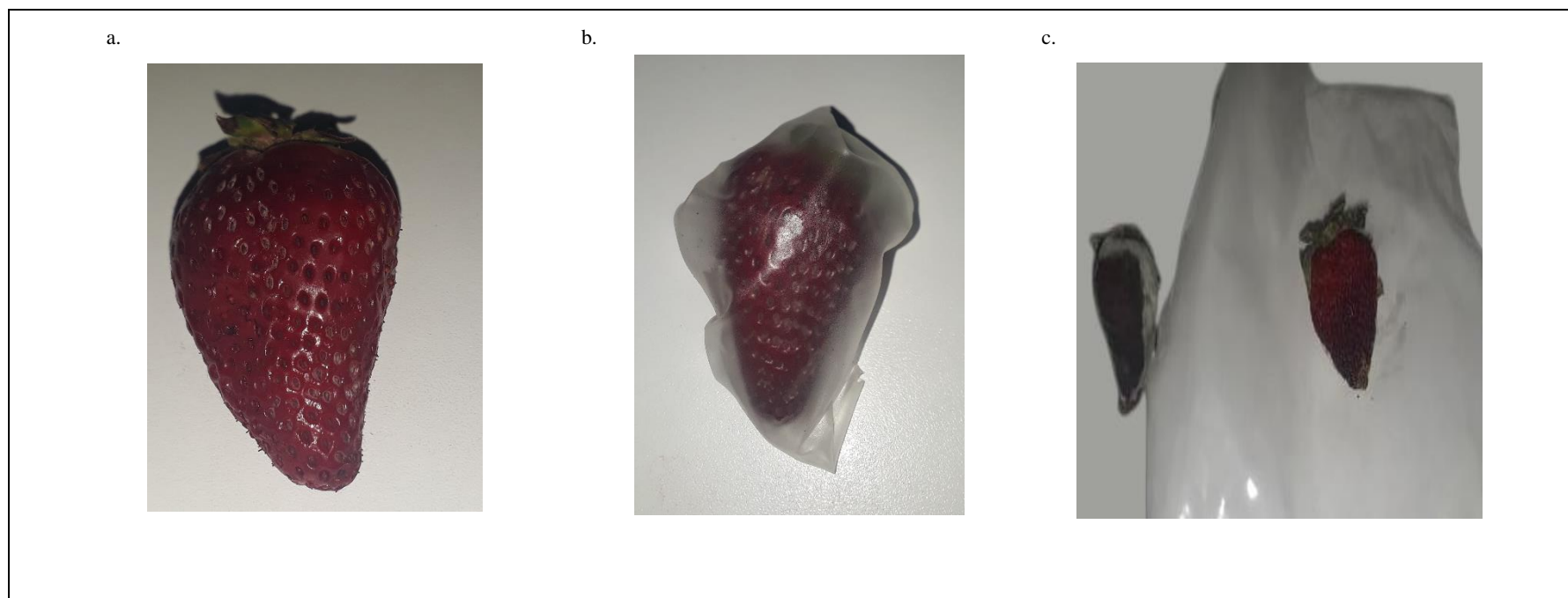
ANEXO H: CARACTERIZACIÓN DE LAS BIOPELÍCULAS OBTENIDAS A BASE DE ALMIDONES DE YUCA AMARILLA Y ZANAHORIA BLANCA

<p>a.</p> 	<p>b.</p> 	<p>c.</p> 			
<p>NOTAS</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>Elaborado por: Joselyn Dayana Paredes Paucar</p>	<p>CARACTERIZACIÓN DE LAS BIOPELÍCULAS OBTENIDAS A BASE DE ALMIDONES DE YUCA AMARILLA Y ZANAHORIA BLANCA</p>		
<p>a. Prueba de biodegradabilidad en agua b. Prueba de biodegradabilidad en aire c. Prueba de biodegradabilidad en suelo</p>	<p>➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar</p>		<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>
			<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>2021/03/10</p>

ANEXO I: CARACTERIZACIÓN DE LAS BIOPELÍCULAS OBTENIDAS A BASE DE ALMIDONES DE YUCA AMARILLA Y ZANAHORIA BLANCA

<p>a.</p> 	<p>b.</p> 	<p>c.</p> 			
<p>NOTAS</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>Elaborado por: Joselyn Dayana Paredes Paucar</p>	<p>CARACTERIZACIÓN DE LAS BIOPELÍCULAS OBTENIDAS A BASE DE ALMIDONES DE YUCA AMARILLA Y ZANAHORIA BLANCA</p>		
<p>a. Ensayo de tracción de la biopelícula del T2 b. Ensayo de solubilidad de la biopelícula c. Probetas usadas en la prueba de tracción</p>	<p>➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar</p>		<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>
			<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>2021/03/10</p>



ANEXO J: APLICACIÓN DE LA BIOPELÍCULA EN EL EMBALAJE DE ALIMENTOS



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p> <p align="center"> Elaborado por: Joselyn Dayana Paredes Paucar </p>	APLICACIÓN DE LA BIOPELÍCULA		
a. Fresa sin recubrimiento b. Fresa recubierta con la biopelícula c. Resultado de la aplicación de la biopelícula	➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/03/10

ANEXO K: INFORME DEL INIAP PARA EL CONTENIDO DEL PORCENTAJE DE AMILOSA EN LOS ALMIDONES DE YUCA AMARILLA Y ZANAHORIA BLANCA

MC-LSAIA-2201-03

	<p>INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1. CutuglaguaTifs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340</p>	
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 21-029

NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Joselyn Paredes Paucar	INSTITUCIÓN: Particular
DIRECCIÓN: Guano	ATENCIÓN: Srta. Joselyn Paredes
FECHA DE EMISIÓN: 3 de febrero de 2021	FECHA DE RECEPCIÓN.: 25/01/2021
FECHA DE ANÁLISIS: Del 25 enero al 2 de febrero de 2021	HORA DE RECEPCIÓN: 09H30
	ANÁLISIS SOLICITADO Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^Ω				IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04				
METODO REF.	U. FLORIDA 1970					
UNIDAD	%	%				
21-0250	10,44	21,53				Almidón de yuca amarilla
21-0251	14,64	14,94				Almidón de zanahoria blanca

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 dirigido 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.

ANEXO L: INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 1

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 1
REALIZADO POR	PAREDES PAUCAR JOSELYN DAYANA
TEMA DE TESIS	"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ZANAHORIA BLANCA (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>) Y YUCA AMARILLA (<i>Manihot esculenta</i>) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS"
TIPO DE MATERIAL	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLÁSTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0.1
ANCHURA (mm)	15
LONGITUD INICIAL (mm)	286
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	1.5
CARGA MÁXIMA (N)	2.9
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	1.93
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	54.3

Aprobado por

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

ANEXO M: INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 2

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 2
REALIZADO POR	PAREDES PAUCAR JOSELYN DAYANA
TEMA DE TESIS	"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ZANAHORIA BLANCA (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>) Y YUCA AMARILLA (<i>Manihot esculenta</i>) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS"
TIPO DE MATERIAL	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLÁSTICO
TRATAMIENTO	2
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0.2
ANCHURA (mm)	15
LONGITUD INICIAL (mm)	280
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	3
CARGA MÁXIMA (N)	3.9
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	1.30
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	100.00

Aprobado por

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

ANEXO N: INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 3

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 3
REALIZADO POR	PAREDES PAUCAR JOSELYN DAYANA
TEMA DE TESIS	"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ZANAHORIA BLANCA (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>) Y YUCA AMARILLA (<i>Manihot esculenta</i>) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS"
TIPO DE MATERIAL	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLÁSTICO
TRATAMIENTO	3
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,1
ANCHURA (mm)	15
LONGITUD INICIAL (mm)	276
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	1.5
CARGA MÁXIMA (N)	2.9
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	1.93
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	48.6

Aprobado por

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

ANEXO O: INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 4

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 4
REALIZADO POR	PAREDES PAUCAR JOSELYN DAYANA
TEMA DE TESIS	"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ZANAHORIA BLANCA (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>) Y YUCA AMARILLA (<i>Manihot esculenta</i>) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS"
TIPO DE MATERIAL	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLÁSTICO
TRATAMIENTO	4
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	15
LONGITUD INICIAL (mm)	275
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	3.0
CARGA MÁXIMA (N)	5.9
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	1.96
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	74.3

Aprobado por

Julio Llerena

ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES



ANEXO P: INFORME DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO PARA EL ALMIDÓN DE YUCA AMARILLA (*Manihot esculenta*)



RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRA DE ALMIDÓN

NOMBRE: Joselyn Dayana Paredes Paucar.
TIPO DE MUESTRA: Almidón de yuca amarilla.
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: 2021-01-12
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 2021-01-26

Examen Físico

COLOR: Blanco.
OLOR: Característico.
ASPECTO: Polvo.

Examen Microbiológico

Almidón de yuca amarilla (<i>Manihot esculenta</i>)			
Determinaciones	Unidades	* Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	-	40
Coliformes Fecales (<i>Escherichia coli</i>)	UFC/g	<10	0
Mohos y levaduras	UFC/g	1000-5000	0

Valores de Referencia tomados de Guía Técnica para Producción y Análisis de Almidón de Yuca (FAO).

Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO.

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



ANEXO Q: INFORME DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO PARA EL ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*)



RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRA DE ALMIDÓN

NOMBRE: Joselyn Dayana Paredes Paucar.
TIPO DE MUESTRA: Almidón de zanahoria blanca.
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: 2021-01-12
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 2021-01-26

Examen Físico

COLOR: Blanco.
OLOR: Característico.
ASPECTO: Polvo.

Examen Microbiológico

Almidón de zanahoria blanca (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>)			
Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	-	60
Coliformes Fecales (<i>Escherichia coli</i>)	UFC/g	<10	0
Mohos y levaduras	UFC/g	1000-5000	0

Valores de Referencia tomados de Guía Técnica para Producción y Análisis de Almidón de Yuca (FAO).


Dra. Gina Alvarez R.



RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO.

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



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**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: 10 / 12 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Joselyn Dayana Paredes Paucar</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería Química</i>
Título a optar: <i>Ingeniera Química</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.12.10 09:21:41 -05'00'



1580-DBRA-UTP-2021