



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA
BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA “SANTA
ISABEL” (*Solanum tuberosum*) PARA EL USO DE
ALIMENTOS”**

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: ZAYDA VANESSA HERRERA CUADRADO

DIRECTORA: Ing. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS MSc.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Zayda Vanessa Herrera Cuadrado

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, Zayda Vanessa Herrera Cuadrado declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi auditoria 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, 14 de septiembre de 2021.

Zayda Vanessa Herrera Cuadrado
060515654-6

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

El Tribunal del trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular: Tipo Investigación, **FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL" (*Solanum tuberosum*) PARA EL USO DE ALIMENTOS** realizado por la señorita: **ZAYDA VANESSA HERRERA CUADRADO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembro del Tribunal del trabajo de titulación. El mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Mónica Andrade Ávalos MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: MONICA LILIAN ANDRADE AVALOS	2021-09-14
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado electrónicamente por: LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS	2021-09-14
Ing. Darío Fernando Guamán Lozada MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: DARIO FERNANDO GUAMAN LOZADA	2021-09-14

DEDICATORIA

El Presente Trabajo de Titulación dedico con todo mi corazón a mi madre amada, Marcelita Cuadrado pues sin ella no lo habría logrado. Tu bendición y lucha a lo largo de mi vida me han protegido y me han llevado por camino del bien. Mamita te doy este trabajo en ofrenda por tu paciencia y amor. Te amo.

Zayda

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por siempre protegerme, por cuidarme en cada paso que doy, por estar en mi corazón y jamás dejarme sola.

Gracias a mi Padre Hugo Herrera y a mi madre Marcela Cuadrado ya que con su ejemplo de trabajo duro que han forjado en mí, el día de hoy he podido culminar con mi Trabajo de titulación, la vida me faltará para agradecerles por el apoyo incondicional, por jamás soltarme, les debo la vida entera padres amados.

Gracias Nikito y Agustín por estar a mi lado cuando más los he necesitado, por apoyarme en mis locas ideas, gracias por no dejarme sola en la lucha, les amo hermanos.

Gracias con toda mi alma a mi Huguito Marcelo, gracias por devolverme la vida de esa manera, por recordarme cada día que todo se logra luchando aferradamente, gracias por ser mi bebe para siempre, GRACIAS amor mío por luchar por quedarte a nuestro lado, cada esfuerzo es por ti angelito.

Gracias a mis tías Merycita (+), Verito y Yadita por ser un apoyo indispensable, por ser como mis mamitas, por celebrar mis triunfos y acompañarme en mis derrotas, por cuidarme, por tanto amor, por cada uno de sus consejos.

Un agradecimiento a mis Profesores de toda mi carrera universitaria por su tiempo y conocimientos impartidos en especial al Licenciado Fausto Tapia quien me apoyó en todo el transcurso de mi vida estudiantil.

Un agradecimiento a la Ingeniera Linda Flores e Ingeniero Darío Guamán por su confianza al permitirme formar parte del proyecto y trabajo de investigación, pero, sobre todo, por los conocimientos que fueron otorgados durante este tiempo. Gracias por toda su paciencia.

Finalmente agradezco a Richard, Paola, Deisy, Maybeth y Alejandra por compartir grandes momentos, por todas esas locas aventuras vividas, con el corazón les digo muchas gracias por su compañerismo, amistad y apoyo.

Zayda

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xvii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	2
1.1. Identificación del problema.....	2
1.2. Justificación de la investigación.....	2
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. <i>General</i>	3
1.3.2. <i>Específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.....	4
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	4
2.2. Marco Conceptual.....	5
2.2.1. <i>Papa</i>	5
2.2.1.1. <i>Definición</i>	5
2.2.1.2. <i>Origen</i>	7
2.2.1.3. <i>Clasificación Taxonómica</i>	7
2.2.1.4. <i>Variedad de las papas del Ecuador</i>	7
2.2.1.5. <i>Variedades de la papa</i>	8
2.2.1.6. <i>Papa "Santa Isabel"</i>	9
2.2.2. <i>Alimentos</i>	10
2.2.2.1. <i>Respiración de alimentos</i>	10
2.2.2.2. <i>Transpiración de alimentos</i>	10

2.2.3.	<i>Bioplástico</i>	11
2.2.3.1.	<i>Recubrimientos Comestibles</i>	11
2.2.4.	<i>Almidón</i>	11
2.2.5.	<i>Almidón de Papa</i>	13
2.2.5.1.	<i>Amilosa</i>	13
2.2.5.2.	<i>Amilopectina</i>	13
2.2.6.	<i>Agua Destilada</i>	14
2.2.7.	<i>Glicerol</i>	14
2.2.8.	<i>Ácido Acético</i>	15
2.3.	Planteamiento de la Hipótesis	15
2.3.1.	<i>Hipótesis General</i>	15
2.3.2.	<i>Hipótesis Específicas</i>	15
2.4.	Identificación de variables	16
2.5.	Operación de variables	16
2.5.1.	<i>Operacionalización de las variables para la obtención de almidón</i>	16
2.5.2.	<i>Operacionalización de las variables para la obtención de las biopelículas</i>	17
2.6.	Matriz de Consistencia	17
2.7.	Tipo de Investigación	18
2.8.	Unidad de Análisis	19
2.9.	Población de Estudio	19
2.10.	Tamaño de Muestra	19
2.11.	Selección de muestra	19
2.12.	Técnicas de Recolección de Datos	19
2.12.1.	<i>Obtención del almidón</i>	19
2.12.1.1.	<i>Técnicas de extracción del almidón</i>	20
2.12.1.2.	<i>Técnica para la caracterización del almidón</i>	21
2.12.2.	<i>Obtención de la Biopelícula</i>	27
2.12.2.1.	<i>Técnicas de formulación y caracterización de la biopelícula</i>	27

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	32
3.1.	Ensayos Realizados a la Papa "Santa Isabel"	32
3.1.1.	<i>Análisis físicos realizados a la papa "Santa Isabel"</i>	32
3.1.2.	<i>Análisis sensoriales realizados a la papa "Santa Isabel"</i>	32
3.2.	Ensayos realizados al almidón a partir de la papa "Santa Isabel"	33
3.2.1.	<i>Análisis sensoriales realizados al almidón</i>	33

3.2.2.	Diseño Factorial para el almidón en STATGRAPHICS	33
3.2.3.	Rendimiento del almidón a partir de la papa "Santa Isabel"	34
3.2.3.1.	<i>Datos del rendimiento del almidón de la papa "Santa Isabel"</i>	34
3.2.3.2.	<i>Cálculos realizados para el rendimiento del almidón</i>	34
3.2.3.3.	<i>Varianza de rendimiento obtenido del almidón</i>	36
3.2.3.4.	<i>ANOVA, Análisis de varianza para el peso del almidón</i>	37
3.2.3.5.	<i>Verificación de supuestos</i>	38
3.2.3.6.	<i>Optimización de respuesta</i>	39
3.2.3.7.	<i>Resultados del rendimiento del almidón</i>	39
3.2.4.	Porcentaje de Amilosa y Amilopectina	40
3.2.5.	Distribución del tamaño del gránulo	40
3.2.6.	Prueba Lugol	41
3.2.7.	Determinación de pH	41
3.2.8.	Contenido de materia seca humedad	42
3.2.8.1.	<i>Datos para la humedad y materia seca del almidón</i>	42
3.2.8.2.	<i>Cálculos para la humedad y materia seca del almidón</i>	43
3.2.8.3.	<i>Resultados para la humedad y materia seca del almidón</i>	43
3.2.9.	Residuo por calcinación	44
3.2.9.1.	<i>Datos para el residuo por calcinación del almidón</i>	44
3.2.9.2.	<i>Cálculos para el residuo por calcinación del almidón</i>	45
3.2.9.3.	<i>Resultados para el residuo por calcinación del almidón</i>	45
3.2.10.	Temperatura de gelatinización	45
3.2.11.	Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento 46	
3.2.11.1.	<i>Datos para el índice de absorción de agua, índice de absorción de agua y poder de hinchamiento</i>	46
3.2.11.2.	<i>Cálculos para el índice de absorción de agua</i>	47
3.2.11.3.	<i>Resultados para el índice de absorción de agua</i>	47
3.2.11.4.	<i>Cálculos para el índice de solubilidad en agua</i>	48
3.2.11.5.	<i>Resultados para el índice de solubilidad en agua</i>	48
3.2.11.6.	<i>Cálculos para el poder de hinchamiento</i>	49
3.2.11.7.	<i>Resultados para el poder de hinchamiento</i>	49
3.2.12.	Viscosidad brookfield	49
3.2.12.1.	<i>Resultados de la Viscosidad Brookfield del almidón</i>	50
3.2.13.	Análisis Microbiológicos	50
3.3.	Ensayos realizados a la biopelícula	51
3.3.1.	Pruebas piloto de la biopelícula	51

3.3.1.1.	<i>Formulaciones piloto – experimentación</i>	51
3.3.1.2.	<i>Características físicas de las pruebas piloto</i>	52
3.3.2.	<i>Humedad de la biopelícula a partir del almidón de papa "Santa Isabel"</i>	61
3.3.2.1.	<i>Datos obtenidos para la humedad a la biopelícula</i>	61
3.3.2.2.	<i>Cálculo del porcentaje de humedad realizado a la biopelícula</i>	62
3.3.2.3.	<i>Resultados del porcentaje de humedad realizado a la biopelícula</i>	62
3.3.3.	<i>Solubilidad de la biopelícula a partir del almidón de papa "Santa Isabel"</i>	64
3.3.3.1.	<i>Datos obtenidos para la solubilidad de la biopelícula</i>	64
3.3.3.2.	<i>Cálculos para la solubilidad de la biopelícula</i>	64
3.3.3.3.	<i>Resultados de la solubilidad obtenidos de la biopelícula</i>	65
3.3.4.	<i>Espesor de la biopelícula a partir de almidón de la papa "Santa Isabel"</i>	67
3.3.4.1.	<i>Espesor de las biopelículas a partir del almidón</i>	67
3.3.5.	<i>Permeabilidad al vapor de agua</i>	71
3.3.5.1.	<i>Dados de permeabilidad al vapor de agua</i>	71
3.3.5.2.	<i>Cálculos para permeabilidad del vapor de agua</i>	72
3.3.5.3.	<i>Resultados de permeabilidad al vapor de agua</i>	73
3.3.6.	<i>Ensayo de tracción</i>	74
3.3.7.	<i>Biodegradabilidad</i>	77
3.3.7.1.	<i>Datos de biodegradabilidad en agua en IMAGEJ</i>	77
3.3.7.2.	<i>Cálculos de biodegradabilidad en agua</i>	79
3.3.7.3.	<i>Resultados de biodegradabilidad en agua en IMAGEJ</i>	80
3.3.7.4.	<i>Datos de biodegradabilidad en agua en IMAGEJ</i>	81
3.3.7.5.	<i>Cálculos de biodegradabilidad en aire</i>	84
3.3.7.6.	<i>Resultados de biodegradabilidad en aire en IMAGEJ</i>	84
3.3.7.7.	<i>Datos de biodegradabilidad en compostaje en IMAGEJ</i>	85
3.3.7.8.	<i>Cálculos de biodegradabilidad en compostaje</i>	88
3.3.7.9.	<i>Resultados de biodegradabilidad en compostaje en IMAGEJ</i>	88
3.4.	Prueba de Hipótesis	89
3.4.1.	<i>Hipótesis 1</i>	89
3.4.2.	<i>Hipótesis 2</i>	89
3.4.3.	<i>Hipótesis 3</i>	90
3.4.4.	<i>Hipótesis 4</i>	90
CONCLUSIONES		93
RECOMENDACIONES		94
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Estudios e investigaciones relacionados.....	4
Tabla 2-2:	Valor nutricional de la papa.....	6
Tabla 3-2:	Clasificación Taxonómica de la papa.....	7
Tabla 4-2:	Variedad de papa nativas cultivadas por zona de cultivo.....	7
Tabla 5-2:	Características de la papa "Santa Isabel"	9
Tabla 6-2:	Variales dependientes e independientes de la obtención del almidón	16
Tabla 7-2:	Variables Dependientes e Independientes de la Obtención de la Biopelícula	16
Tabla 8-2:	Operacionalización de variables para la obtención de almidón.....	16
Tabla 9-2:	Operacionalización de variables para la formulación de la biopelícula	17
Tabla 10-2:	Matriz de Consistencia	17
Tabla 11-2:	Técnica de extracción de almidón de papa "Santa Isabel"	20
Tabla 12-2:	Métodos de ensayo para la caracterización físico-química del almidón	21
Tabla 13-3:	Técnicas para la caracterización de las biopelículas a partir del almidón	28
Tabla 14-3:	Datos Obtenidos de los Análisis Físicos de la papa "Santa Isabel"	32
Tabla 15-3:	Datos obtenidos de los análisis sensoriales realizados a la papa "Santa Isabel" ..	32
Tabla 16-3:	Datos obtenidos de los análisis al almidón.....	33
Tabla 17-3:	Variables utilizadas para el cálculo del rendimiento del almidón	34
Tabla 18-3:	Resultados del rendimiento obtenido del almidón	35
Tabla 19-3:	Análisis de varianza del rendimiento obtenido del almidón.....	36
Tabla 20-3:	Rendimiento del almidón de papa	39
Tabla 21-3:	Porcentaje de Amilosa y Amilopectina en el almidón.....	40
Tabla 22-3:	Distribución del tamaño del gránulo del almidón	40
Tabla 23-3:	pH del almidón	41
Tabla 24-3:	Peso del crisol vacío	42
Tabla 25-3:	Peso de la muestra inicial	42
Tabla 26-3:	Peso del crisol más muestra húmeda	42
Tabla 27-3:	Peso del crisol más muestra seca.....	42
Tabla 28-3:	Humedad del almidón a partir de la papa "Santa Isabel"	43
Tabla 29-3:	Materia seca del almidón	44
Tabla 30-3:	Datos para el residuo por calcinación del almidón.....	44
Tabla 31-3:	Resultados para el Residuo por Calcinación del Almidón	45
Tabla 32-3:	Temperatura de gelatinización del almidón.....	45
Tabla 33-3:	Peso gel.....	46
Tabla 34-3:	Peso descartado de sobrenadante.....	46
Tabla 35-3:	Peso soluble para el índice de absorción de agua.....	47

Tabla 36-3:	Resultados del índice de absorción de agua	47
Tabla 37-3:	Resultado del índice de solubilidad en agua.....	48
Tabla 38-3:	Resultado del poder de hinchamiento.....	49
Tabla 39-3:	Viscosidad Brookfield del almidón	50
Tabla 40-3:	Análisis Microbiológicos al almidón.....	50
Tabla 41-3:	Formulaciones Piloto.....	51
Tabla 42-3:	Características físicas de las pruebas piloto	52
Tabla 43-3:	Datos de la humedad de la biopelícula	61
Tabla 44-3:	Resultados del porcentaje de humedad realizado a la biopelícula.....	62
Tabla 45-3:	Datos obtenidos para el porcentaje de solubilidad de la biopelícula	64
Tabla 46-3:	Resultados de la solubilidad obtenidos de la biopelícula	65
Tabla 47-3:	Espesor de las biopelículas a partir de almidón de papa "Santa Isabel"	67
Tabla 48-3:	Análisis de varianza.....	68
Tabla 49-3:	Peso ganado del desecante.....	71
Tabla 50-3:	Área de la biopelícula.....	72
Tabla 51-3:	Espesor de las biopelículas en metros	72
Tabla 52-3:	Tasa de transmisión de vapor	73
Tabla 53-3:	Transmisión de vapor de agua.....	73
Tabla 54-3:	Ensayos de tracción	74
Tabla 55-3:	Primera dimensión _biodegradabilidad en agua.....	77
Tabla 56-3:	Promedio primera dimensión _biodegradabilidad en agua	78
Tabla 57-3:	Segunda dimensión _biodegradabilidad en agua.....	78
Tabla 58-3:	Promedio Segunda Dimensión _Biodegradabilidad en Agua	79
Tabla 59-3:	Biodegradabilidad en agua	80
Tabla 60-3:	Primera dimensión _ biodegradabilidad en aire	81
Tabla 61-3:	Promedio primera dimensión _ biodegradabilidad en aire	82
Tabla 62-3:	Segunda dimensión _ biodegradabilidad en aire	82
Tabla 63-3:	Promedio segunda dimensión _ biodegradabilidad en aire	83
Tabla 64-3:	Biodegradabilidad en aire.....	84
Tabla 65-3:	Primera dimensión _ biodegradabilidad en compostaje	85
Tabla 66-3:	Promedio primera dimensión _ biodegradabilidad en compostaje	86
Tabla 67-3:	Segunda dimensión _ biodegradabilidad en compostaje	86
Tabla 68-3:	Promedio segunda dimensión _ biodegradabilidad en compostaje	87
Tabla 69-3:	Biodegradabilidad en Compostaje.....	88

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Atributos del Diseño Factorial para el almidón en STATGRAPHICS	33
Gráfico 2-3:	Análisis de varianza para el peso del almidón.....	37
Gráfico 3-3:	Verificación de supuestos del almidón.....	38
Gráfico 4-3:	Optimización de respuesta del almidón.....	39
Gráfico 5-3:	Resultados del porcentaje de humedad realizado a la biopelícula.....	63
Gráfico 6-3:	Solubilidad de la biopelícula a partir del almidón de la papa "Santa Isabel"	65
Gráfico 7-3:	Módulo de elasticidad	74
Gráfico 8-3:	Carga de fluencia.....	75
Gráfico 9-3:	Esfuerzo de fluencia	75
Gráfico 10-3:	Carga máxima.....	75
Gráfico 11-3:	Elongación.....	76
Gráfico 12-3:	Biodegradabilidad en agua	80
Gráfico 13-3:	Biodegradabilidad en aire.....	84
Gráfico 14-3:	Biodegradabilidad en compostaje.....	88
Gráfico 15-3:	Porcentaje de rendimiento del almidón de papa "Santa Isabel"	89
Gráfico 16-3:	Porcentaje de biodegradabilidad en agua	90
Gráfico 17-3:	Comparación de biodegradabilidad en aire	91
Gráfico 18-3:	Comparación de biodegradabilidad en compostaje	91
Gráfico 19-3:	Biodegradabilidad General.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Usos y Producción de la papa en Estados Unidos.....	9
Figura 2-2:	Papa "Santa Isabel".....	9
Figura 3-2:	Gránulo del almidón de Trigo.....	11
Figura 4-2:	Gránulo del Almidón de Maíz.....	12
Figura 5-2:	Gránulo del Almidón de Arroz.....	12
Figura 6-2:	Gránulo del Almidón de Yuca.....	12
Figura 7-2:	Gránulo del Almidón de la papa.....	13
Figura 8-2:	Molécula de Amilosa.....	13
Figura 9-2:	Molécula de Amilopectina.....	14
Figura 10-2:	Estructura Molecular del Agua.....	14
Figura 11-3:	Estructura del Glicerol.....	15
Figura 12-2:	Estructura del Ácido Acético.....	15
Figura 13-2:	Diagrama de Flujo para la extracción de almidón de la papa "Santa Isabel" ...	20
Figura 14-2:	Diseño Factorial 2^k para la obtención de la biopelícula.....	27
Figura 15-2:	Diagrama de flujo para obtener la biopelícula a partir del almidón.....	27
Figura 16-2:	Ensayo de Tracción Biopelícula.....	30
Figura 17-3:	Prueba Cuantitativa Yodo-Lugol al Almidón.....	41
Figura 18-3:	Método Casting.....	51
Figura 19-3:	Tratamiento Piloto 1.....	54
Figura 20-3:	Tratamiento Piloto 2.....	54
Figura 21-3:	Tratamiento Piloto 3.....	55
Figura 22-3:	Tratamiento Piloto 4.....	55
Figura 23-3:	Tratamiento Piloto 5.....	56
Figura 24-3:	Tratamiento Piloto 6.....	56
Figura 25-3:	Tratamiento Piloto 7.....	57
Figura 26-3:	Tratamiento Piloto 8.....	57
Figura 27-3:	Tratamiento Piloto 9.....	58
Figura 28-3:	Tratamiento Piloto 10.....	58
Figura 29-3:	Tratamiento Piloto 11.....	59
Figura 30-3:	Tratamiento Piloto 12.....	59
Figura 31-3:	Tratamiento Piloto 13.....	60
Figura 32-3:	Tratamiento Piloto 14.....	60
Figura 33-3:	Tratamiento Piloto 15.....	61
Figura 34-3:	Tratamiento A Biopelícula.....	69
Figura 35-3:	Tratamiento B Biopelícula.....	69

Figura 36-3:	Tratamiento C Biopelícula.....	69
Figura 37-3:	Tratamiento D Biopelícula.....	70

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2:	Distribución del tamaño del almidón	21
Ecuación 2-2:	Sumatoria total de la distribución del almidón	21
Ecuación 3-2:	Cálculo del porcentaje de humedad del almidón	23
Ecuación 4-2:	Porcentaje de materia seca del almidón	23
Ecuación 5-2:	Residuos de calcinación del almidón.....	24
Ecuación 6-2:	Índice de absorción de agua.....	25
Ecuación 7-2:	Índice de solubilidad en agua.....	25
Ecuación 8-2:	Poder de hinchamiento	26
Ecuación 9-2:	Porcentaje de humedad de la biopelícula.....	28
Ecuación 10-2:	Porcentaje de solubilidad de la biopelícula.....	28
Ecuación 11-2:	Tasa de transmisión de vapor de agua	29
Ecuación 12-2:	Transmisión de vapor de agua	30
Ecuación 13-3:	Biodegradabilidad en IMAGEJ	31
Ecuación 14-3:	Rendimiento del almidón de la papa "Santa Isabel".....	34

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A:	OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL"
ANEXO B:	OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL"
ANEXO C:	OBTENCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ALMIDÓN
ANEXO D:	CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN
ANEXO E:	CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN
ANEXO F:	FORMULACIÓN DE LA BIOPELÍCULA
ANEXO G:	CARACTERIZACIÓN DE LA BIOPELÍCULA
ANEXO H:	PRUEBAS MECÁNICAS DE LA BIOPELÍCULA
ANEXO I:	ALMILOSA Y AMILOPECTINA
ANEXO J:	BIODEGRADABILIDAD EN AGUA
ANEXO K:	BIODEGRADABILIDAD EN AIRE
ANEXO L:	BIODEGRADABILIDAD EN TIERRA
ANEXO M:	PRUEBA MECÁNICA BIOPELÍCULA A
ANEXO N:	PRUEBA MECÁNICA BIOPELÍCULA B
ANEXO O:	PRUEBA MECÁNICA BIOPELÍCULA C
ANEXO P:	PRUEBA MECÁNICA BIOPELÍCULA D

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A:	Área total de la Biopelícula
Fa:	Fracción de Almidón
Hb:	Humedad de la Biopelícula
H_{R1}:	Humedad Relativa en el interior de la celda
H_{R2}:	Humedad Relativa
ISA:	Índice de Solubilidad en Agua
Q:	Peso Ganado del Desecante de Vapor de Agua
Ha:	Humedad del Almidón
IAA:	Índice de Absorción en Agua
ISA:	Índice de Solubilidad en Agua
M:	Masa de la muestra
Mh:	Peso del crisol más almidón (Muestra Húmeda)
Mr:	Peso del Crisol
Ms:	Peso del Crisol más muestra seca
Msa:	Materia Seca
Pao:	Peso del Almidón obtenido
Pip:	Peso inicial de la papa
Pg:	Pego en Gel
PH:	Poder de Hinchamiento
Pfs:	Peso Final seco
Pis:	Peso Inicial Seco
Pm:	Peso muestra
PNI:	Peso Neto individual
Pse:	Peso Final de la Biopelícula o Peso Seco de la Biopelícula
Pt:	Peso Tamiz
Ptv:	Peso Tamiz Vacío
Pu:	Peso Inicial de la Biopelícula o Peso Húmedo de la Biopelícula
R:	Residuo por Calcinación
RSU:	Residuos Sólidos Urbanos
S:	Presión de Vapor de Agua a la Temperatura de Ensayo
Sb:	Solubilidad de la Biopelícula
STa:	Sumatoria Total del Almidón
t:	tiempo de la prueba en horas
V:	Volumen
WVTR:	Tasa de Transmisión de Vapor de Agua

WVTR: Tasa de Transmisión de agua

z: Espesor

RESUMEN

Este trabajo de titulación se enfocó en la formulación y caracterización de una biopelícula a partir del almidón de papa "Santa Isabel" (*Solanum tuberosum*), para uso en alimentos como envolturas. En primer lugar, se obtuvo el almidón por el método de vía húmeda, el cual se realizó un diseño factorial en los que se evaluaron dos defectos que son: revoluciones por minuto (RPM) y tiempo (segundos) en 16 corridas con cuatro tratamientos; licuando 200 gramos de papa en 200 mL de agua destilada; con un rendimiento total de los cuatro tratamientos: A, B, C, y D de 16,38%. Posteriormente se realizó una serie de ensayos fisicoquímicos y microbiológicos del almidón. Al tener la materia prima se obtuvieron 15 tratamientos piloto de la biopelícula. A partir de este tratamiento piloto aparecen los cuatro tipos de bioplástico, en donde su formulación va entre 30 mL de agua destilada, 3 gramos de almidón de papa "Santa Isabel"; 2,5 mL de ácido acético y 2 mL de glicerina. A continuación, se realizaron pruebas físicas y mecánicas donde se obtuvo un espesor promedio de 0,2 mm; humedad en el tratamiento A de 15,788%, tratamiento B de 14,561%, tratamiento C de 12,619% y tratamiento D de 11,149%; solubilidad promedio 25,280%. Se obtuvo un 53,54% de elongación en el tratamiento A, 65,61% tratamiento B, 55,66% tratamiento C y 40,64% tratamiento D. La degradabilidad en agua fue de 72,345%, degradación aire de 12,276%, degradación en compostaje de 28,08%; por lo cual cada una de estas pruebas físico-mecánicas se encuentran dentro de la Norma NTE INEN 2643, siendo la biopelícula a partir del almidón de la papa "Santa Isabel" apta para usarse en alimentos.

Palabras clave: <INGENIERÍA QUÍMICA>, <PAPA SANTA ISABEL (*Solanum tuberosum*)>, <BIOPELÍCULA>, <AMILOSA>, <AMILOPECTINA>, <BIODEGRADABILIDAD>, <RENDIMIENTO FACTORIAL>, <DISEÑO FACTORIAL>.

LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por
LEONARDO FABIO MEDINA
NUSTE
Fecha: 2021.08.02 07:37:29
-05'00'



1472-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

This work was focused on the formulation and characterization of a biofilm from potato starch "Santa Isabel" (*Solanum tuberosum*), for use in food as casings. First, the starch was obtained by the wet method. It was carried out a factorial design in which two defects were evaluated, which are: revolutions per minute (RPM) and time (seconds) in 16 runs with four treatments; blending 200 grams of potato in 200 mL of distilled water; with a total yield of the four treatments: A, B, C, and D of 16.38%. Subsequently, a series of physicochemical and microbiological starch tests were carried out. By having the raw material, 15 pilot treatments of the biofilm were obtained. From this pilot treatment, the four types of bioplastic appear, where its formulation ranges between 30 mL of distilled water, 3 grams of potato starch "Santa Isabel"; 2.5 mL of acetic acid and 2 mL of glycerin. Subsequently, physical and mechanical tests were carried out where an average thickness of 0.2 mm was obtained; humidity in treatment A of 15.788%, treatment B of 14.561%, treatment C of 12.619% and treatment D of 11.149%; average solubility 25.280%. A 53.54% elongation was obtained in treatment A, 65.61% treatment B, 55.66% treatment C and 40.64% treatment D. The degradability in water was 72.345%, degradation air of 12.276%, degradation in composting of 28.08%; Therefore, each of these physicalmechanical tests are within the NTE INEN 2643 Standard, being the biofilm made from potato starch "Santa Isabel" suitable for use in food.

Keywords: <CHEMICAL ENGINEERING>, <PAPA SANTA ISABEL (*Solanum tuberosum*)>, <BIOFILM>, <AMYLOSE>, <AMYLOPECTIN>, <BIODEGRADABILITY>, <FACTORIAL PERFORMANCE>, <FACTORIAL DESIGN>.

INTRODUCCIÓN

A mediados del siglo XX la industria del plástico dio su inicio con un gran incremento en su producción, con un sinnúmero de variedades de tipo sintético con una acogida exorbitante ya que las características y costos son muy considerables, y a su vez de la mano, con el desecho de estos la contaminación alcanza cada vez un pico más alto generando una gran problemática especialmente para el ambiente.

La vasta acumulación de los plásticos son los principales responsables de la contaminación afectando de manera directa al ambiente y a todo lo que le rodea. Por esta razón, varios países alrededor del mundo han creado un plan de contingencia en el cual desean disminuir el porcentaje de consumo de todo material difícil de degradar (especialmente plástico sintético) fomentando de manera ascendente a la investigación y desarrollo desde la perspectiva de dar soluciones optimas viables a esta problemática.

Una gran alternativa para la obtención de plásticos que sean fácil de degradar son los bioplásticos que provienen de materiales renovables con un costo menor al proceso tradicional de los plásticos de origen petroquímico, estos tienen la facilidad de ser degradados por microorganismos del medio en poco tiempo.

Actualmente solo el 1% de alrededor de 320 millones de toneladas de plásticos anuales pertenecen a los bioplásticos. En América del Sur existen muy pocos países que se dedican a la producción de bioplásticos como: Colombia, Chile, Argentina, y Brasil. Ecuador es un país en el cual específicamente no se dedica a industrialmente a la producción de bioplásticos, aunque actualmente si existen investigaciones para su obtención a partir de almidón de papa, plátano, yuca, etc.

Ahora bien, el uso de recubrimientos en frutas y hortalizas ha ido en ascenso hoy por hoy para mejorar su calidad y tiempo de vida útil de estas, evitando su deterioro por el paso del tiempo mismo, humedad, forcejeo, clima, microbios, daños físicos durante el transporte y manipulación. Razón por la cual inicia el interés en formular y caracterizar una biopelícula también.

Ecuador es una zona agrícola muy diverso, por lo tanto, se considera una gran oportunidad industrial para el desarrollo de nuevos productos 100% amigables con el medio ambiente a partir de esta materia prima renovable como es la papa "Santa Isabel.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Identificación del problema

En la actualidad, el alto consumo de alimentos frescos y ricos en vitaminas, ya sea hortalizas, verduras y/o frutas mínimamente procesadas representan los productos más perecederos de la cadena alimenticia; por lo cual a estos no tener larga vida útil desde su cosecha hasta llegar con el consumidor pasando por su transportación y comercialización genera grandes desperdicios que son altamente significativos limitando la disponibilidad de estos.

Ahora bien, se investiga nuevas alternativas de empaque y embalaje (biopelículas) que puedan abordar con la gran problemática de la degradación de alimentos que poseen una vida muy corta y de esta manera puedan llegar a la mesa del hogar de las personas con una dieta saludable reduciendo pérdidas de productos frescos, estos recubrimientos se desean que contribuyan con las propiedades alimenticias pero como principal su preservación organoléptica y de todos sus componentes, es decir, mantener máximamente su calidad e inocuidad ya que estos son uno de los pilares fundamentales dentro de la dieta diaria y a su vez disminuyendo índices altos de contaminación y recursos del medio ambiente.

En Ecuador se generan alrededor de 375.000 toneladas de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de los cuales el 57% es orgánico y el 43% inorgánico dentro del cual el 25% corresponde a Residuos plásticos. En el año 2019 se reportó 1500 millones de fundas plásticas, en el cual solo 5 de cada 10 son recicladas o utilizadas, en las grandes las 5 ciudades más importantes del país como Quito y Guayaquil generan 59m3% del total de residuos sólidos, ahora bien, a la Isla Isabela (Galápagos) llegan plásticos que tiene como procedencia de China, 38% de Perú y 18% de Ecuador. (Gutierrez, H., 2016, p. 14).

Por esta razón, tomando en cuenta esta limitación existe el gran interés de Formular y Caracterizar Biopelículas a partir de almidón de la papa "Santa Isabel" (*Solanum tuberosum*), materia prima, producida y comercializada en Ecuador, que gracias a bibliografía permite realizar de manera adecuada embalaje para alimentos alargando y conservando el tiempo de vida de frutas y hortalizas.

1.2. Justificación de la investigación

Los polímeros sintéticos en su mayor parte son en base a composición petroquímica teniendo un índice de contaminación elevada provocada por estos plásticos que en la actualidad se desarrollan debido a las propiedades que poseen que son sumamente difíciles de degradar en corto tiempo.

Reducir el porcentaje el uso de este tipo de plásticos ayudaría de manera radical a la contaminación, dando el inicio a solucionar la problemática que causa daños a la vida de todo ser vivo.

En consecuencia, a lo mencionado anteriormente, se justifica este proyecto de investigación como una contribución para la Ciencia, Ingeniería y sobre todo para la Naturaleza y su Ambiente con la Formulación y Caracterización de Biopelículas a partir del almidón de la papa "Santa Isabel" (*Solanum tuberosum*), por medio de esta aplicación los beneficiados serán los seres vivos al tener esta oportunidad de encontrarse con una reducción total en los contaminantes en cuanto a los polímeros; tomando en cuenta que la inversión será menor y aun mejor que esta materia prima es renovable.

Ahora bien, a la par de la perduración de la contaminación, está la necesidad de conservar los alimentos, en especial frutas y hortalizas, por lo cual esta investigación y la Formulación y caracterización de biopelículas es sumamente necesario.

El desarrollo del presente trabajo de titulación se realizará en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo juntamente con el grupo de investigación GIADE como un aporte al proyecto de investigación institucional "Obtención de bioplásticos a partir de productos agrícolas del Ecuador" de la Facultad de Ciencias con fecha de inicio 2020/01/07; fecha de finalización: 2022/11/04 de la convocatoria 2019. Objetivos de la Investigación.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. General

Formular y caracterizar una biopelícula a partir de almidón de papa "Santa Isabel" (*Solanum tuberosum*) para el embalaje de alimentos.

1.3.2. Específicos

- Obtener almidón de la papa "Santa Isabel" (*Solanum tuberosum*) mediante el método húmedo, molienda, tamizado y secado.
- Efectuar la caracterización del almidón obtenido mediante pruebas fisicoquímicas.
- Determinar las formulaciones y parámetros idóneos de las biopelículas con distintos porcentajes de concentración de almidón y aditivos.
- Evaluar el tiempo de Degradación del Bioplástico.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

El presente Proyecto de Investigación se basará netamente en revisión bibliográfica de libros, revistas, artículos científicos y pasados trabajos de Investigación relacionados con la Formulación y Caracterización de Biopelícula a partir del almidón de papa y otros materiales poliméricos.

A mediados del siglo XX da comienzo la gran industria del plástico con un crecimiento sumamente considerable, produciéndose y elaborando una amplia gama de colores y texturas sintéticas, con una gran problemática al momento de este ser desechado gracias a los costos y aumento en la contaminación.

La incorporación de material orgánico en la formulación para la obtención de biopelículas yace en recientemente. En el año de 1925 apareció el primer biopolímero (PHA), el cual fue sintetizado intercelularmente mediante microorganismos para reserva energética y de carbón y comienzan a presentar propiedades físicas muy similares a plásticos que son a partir de material petroquímico una vez extraídos de la célula (González, Y., et al., 2013, p.78).

En los últimos años se han ido realizaron varios estudios e investigaciones relacionados a la Formulación y Caracterización de biopelículas a partir de almidón de materiales orgánicos que presenten características similares a plásticos sintéticos los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1-2: Estudios e investigaciones relacionados

Año	Tipo	Nombre de la Investigación	Autor (es)	Lugar
2011	Tesis	Desarrollo de un material para empaques de alimentos a partir de harina de yuca y fibra de fique	Diana Paola Navia Porras	Colombia
2012	Artículo Científico	Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón	Mario Enríquez C., Reinaldo Velasco M., Vicente Ortiz G.	Colombia
2013	Tesis	Estudio comparativo en la elaboración de biofilm a partir de almidón de maíz (<i>Zea Mays</i>) y proteína de leche con adición	Moreno García, Alan Jymm	Perú

		de glicerina como agente plastificante		
2015	Tesis	Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata	Mónica Margarita Charro Espinosa	Quito - Ecuador
2015	Tesis	Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (<i>Passiflora edulis</i> spp.)	Jimmy Alcides Chariguamán Chanatasig	Honduras
2016	Tesis	Elaboración de bioplástico a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio	Meza Ramos Paola Nathali	Perú
2019	Tesis	“obtención de biofilm a partir del almidón de zanahoria blanca (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>) Y DE camote (<i>Ipomoea batatas</i>) como alternativa al uso de material plástico derivado de petróleo	Joselyne Brigitte Parra Pérez	Ecuador
2020	Tesis	Obtención de una biopelícula a partir de la oca (<i>oxalis tuberosa</i>) y de la yuca (<i>Manihot esculenta</i>) para la utilización como envoltura de alimentos	Melissa Michelle Pastuizaca Castro	Ecuador

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. *Papa*

2.2.1.1. *Definición*

La papa es un tubérculo herbáceo de nombre científico *Solanum tuberosum*, la cual entre un 60-

80% de materia seca que posee es almidón, además, se considera el cuarto alimento con mayor consumo y producción mundial con alrededor de 320 millones de toneladas anuales ya que es una reserva de nutrientes y carbohidratos lo que ocasiona un alto valor energético (Borba, N., 2008, p.2). Este tubérculo se considera un alimento muy versátil con un contenido muy elevado en carbohidratos, recién cosechada posee un 80% de agua y un 20% de materia seca y entre un 60-80% de la materia seca que contiene es almidón (Morales, C., 2008, p.2).

- Características fisicoquímicas: Valores Nutricionales para 100 gr de papa

Tabla 2-2: Valor nutricional de la papa

Papa Santa Isabel			
Composición por cada 100 g de parte comestible			
No.	Componente	Unidad	Cantidad
1	Energía	Kcal	88,00
2	Proteínas	gr	2,50
3	Lípidos Totales	gr	0,20
4	Hidratos de Carbono	gr	18,00
5	Fibra	gr	2,00
6	Agua	gr	77,30
7	Calcio	mg	9,00
8	Hierro	mg	0,60
9	Yodo	ug	3,00
10	Magnesio	mg	25,00
11	Zinc	mg	0,30
12	Sodio	mg	7,00
13	Potasio	mg	570,00
14	Fósforo	mg	50,00
15	Selenio	ug	1,00
16	Vitamina B6	mg	0,60
17	Vitamina B12	mg	0,00
18	Vitamina C	mg	18,00
19	Vitamina A	mg	0,00
20	Vitamina E	mg	0,10

Fuente: FAO, 2018, p.24.

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

2.2.1.2. Origen

Hace más de 8 mil años se cultiva la papa y el lugar de origen ha sido muy discutido, solo se tiene el dato que proviene de la región andina desde Perú y Chile y posterior en Quito-Ecuador. Varias culturas como: los Incas, Nazca, Mochica y demás son las que a lo largo de las altas tierras de los Andes de América del Sur fueron quienes cultivaron. (Borba, N., 2008, p.14).

2.2.1.3. Clasificación Taxonómica

Tabla 3-2: Clasificación Taxonómica de la papa

No.	Características	
1	Reino	Plantae
2	División	Magoliophyta
3	Clase	Magnoliopsida
4	Subclase	Asteridae
5	Orden	Solanales
6	Familia	Solanáceas
7	Género	Solanum
8	Especie	S. Teberosum
9	Nombre científico	Solanumteberosum

Fuente: Sandibel, Y., et al., 2020, p.54.

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

2.2.1.4. Variedad de las papas del Ecuador

En distintas zonas del Ecuador se cultivan diferentes tipos de papa que pueden ser clasificadas en dos grupos: nativas y mejoradas. Las papas nativas son aquellas cultivadas localmente que a través de los años han sido seleccionadas empíricamente por agricultores y presión de la naturaleza a través de miles de años (enfermedades, clima, plagas). Las papas mejoradas resultan por una selección metódica realizada por investigadores.

Tabla 4-2: Variedad de papa nativas cultivadas por zona de cultivo.

Zona de Cultivo	Variedad
Norte: Provincia de Carchi	Chola Superchola Gabriela

	<p>Esperanza María Fripapa 99 ICA-Capiro Margarita Ormus Yema de Huevo (Chauchas)</p>
<p>Centro: Provincias de Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo</p>	<p>Chola Uvilla Santa Catalina Esperanza Gabriela María Margarita Rosita Santa Isabel Superchola Yema de Huevo Fripapa Cecilia-Leona</p>
<p>Sur: Provincias de Cañar, Azuay y Loja</p>	<p>Uvilla Bolona Santa Catalina Esperanza Soledad Cañari Gabriela</p>

Fuente: Vargas, G. & Velezmoro, C., 2016, p.74.

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

2.2.1.5. *Variedades de la papa*

Después de que la papa es cosechada según Carrasco E., et al., (2017, p.24), esta no solo es destinada al consumo humano, en realidad, posee un uso extenso ,ya que, al contrario de lo creído solo un porcentaje menor al 50% se consumen frescas de su producción a nivel mundial, de tal manera sus otros usos son:

- Papas usadas para semilla: son utilizadas para continuar con el ciclo de producción
- Uso alimentario: en este caso es para consumo de papa fresca, producción de papas crocantes,

copos, deshidratadas, etc.

- Uso no alimentario: producción de combustible a partir de etanol, material de goma, etc.

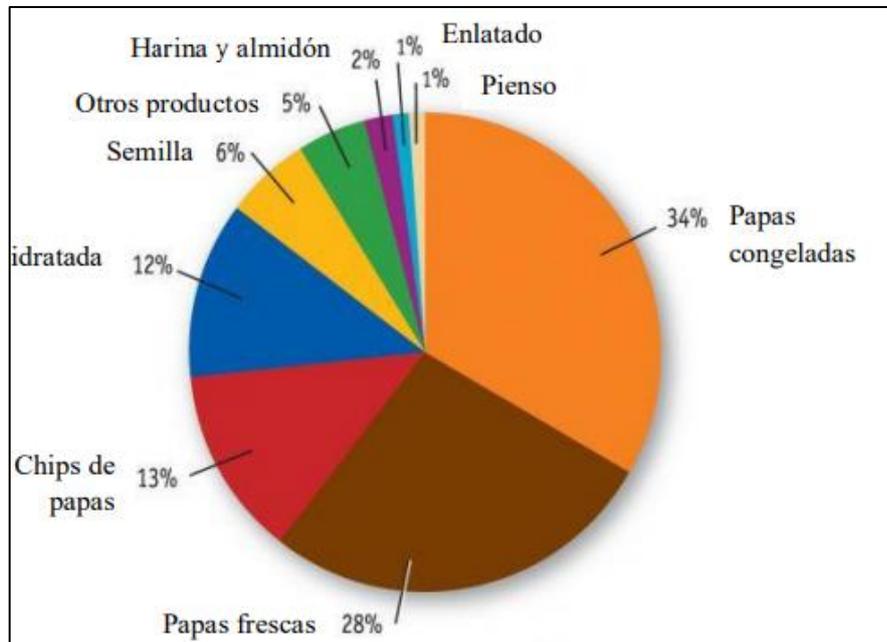


Figura 1-2: Usos y Producción de la papa en Estados Unidos

Fuente: Carrasco E., et al., 2017, p.24.

2.2.1.6. Papa "Santa Isabel"

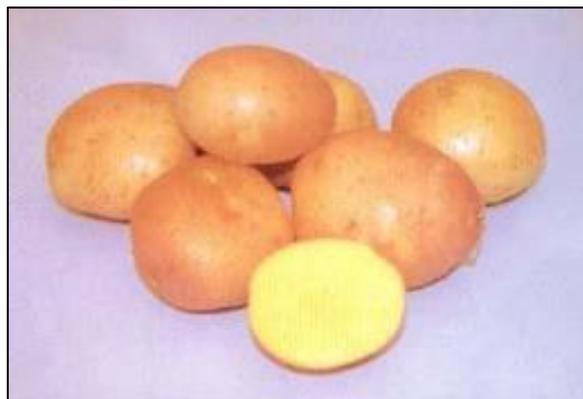


Figura 2-2: Papa "Santa Isabel"

Fuente: INIAP, 2019, p.9.

Tabla 5-2: Características de la papa "Santa Isabel"

Características	
Origen Genético	Chola x (Jabonilla x Curipamba)
Subespecie	Andigena

Agronómicas	Maduración: Semitardía
Rendimiento	40 t/ha
Contenido de materia seca	20,1%
Gravedad Especifica	1,079
Usos	Consumo en fresco: apta para preparados caseros (sopas, puré y tortillas).
Follaje	Tallos fuertes, de altura mediana; de desarrollo algo lento al principio; cubre bastante bien el terreno

Fuente: Vargas, G. & Velezmoro, C. 2016. p.74.

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

2.2.2. Alimentos

El manejo correcto antes de la cosecha de frutas y hortalizas es enfocado en la prevención y disminución en cuanto al deterioro en cuanto a que las características físicas y organolépticas se mantengan con el paso del tiempo alargando su vida útil y a la par de la inocuidad alimentaria (Alvarenga, M., et al., 2018, p.33).

2.2.2.1. Respiración de alimentos

Proceso Metabólico mediante el cual la reserva orgánica de los alimentos (hortalizas y frutos) dan moléculas más simples gracias a que son degradadas y de esta manera liberan energía. Al momento de la postcosecha se acelera el deterioro y es directamente proporcional el grado de respiración que poseen con la senescencia e inversamente proporcional en cuanto a la pérdida de sabor dulce, el peso, porcentaje de nutrientes (Alvarenga M., et al., 2018, p.33).

2.2.2.2. Transpiración de alimentos

Es la respuesta de los alimentos los cuales evaporan agua de los tejidos vegetales. Este es una pérdida cuantitativa de su valor nutricional, textura y jugosidad. La respiración de frutos y hortalizas es directamente proporcional respecto a las características anatómicas y morfológicas, temperatura con el que se almacenan, humedad, madurez del alimento al momento de ser almacenado; este factor puede ser controlado al colocar un recubrimientos o envoltura o por medio del control de la humedad en la que se encuentra (Alvarenga M., et al., 2018, p.34).

2.2.3. *Bioplástico*

Material biodegradable producido mediante fuentes naturales como: de almidón, celulosa, cultivos poliésteres microbianos, entre otro; capaz de descomponerse con componentes inorgánicos o biomasa, agua, CO₂, metano por la presencia de microorganismos, la biodegradabilidad posee una velocidad superior comparado con los polímeros sintéticos (Vargas, G. & Velezmoro, C., 2016, p.34).

2.2.3.1. *Recubrimientos Comestibles*

Sustancia aplicada en el exterior de frutos y hortalizas como recubrimiento creando un ambiente estable el cual preserve su calidad al momento de consumo, este es ideal cuando alargue la vida útil protegiendo de daños externos y mejorando de manera radical la inocuidad alimentaria (Guamán, J., 2019, p.43).

2.2.4. *Almidón*

Reserva de carbohidratos más abundante usado como fuente de energía y carbono de las plantas presentes en raíces, tallos, semillas, frutos, flores y hojas. Principal constituyente de alimentos mayormente presentes en tubérculos como: yuca camote, papa, etc., en base seca como: maíz, avena, arroz (Meza, P., 2016, p.43).

El almidón está formado por amilosa y amilopectina constituido por unidades de glucosa, de la cual la amilosa es generalmente en menos porcentaje que se encuentra en estructura lineal unida por monómeros de glucosa únicamente ligados por enlaces α -1,4. La amilopectina que es el mayor porcentaje, componente muy ramificado formado por monómeros de glucosa ligados por enlaces α -1,4 y α -1,6 (Mayhuire, E., et al., 2019, p.47).

Cada tipo de almidón posee sus propias características microscópicas diferenciales por sus gránulos:

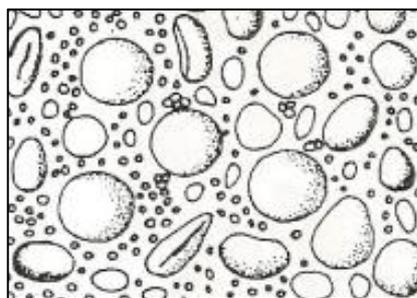


Figura 3-2: Gránulo del almidón de Trigo

Fuente: Pardo, O., et al., 2013, p.56.

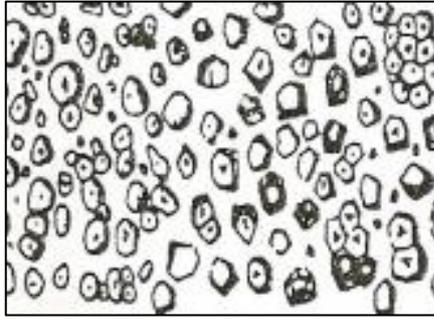


Figura 4-2: Gránulo del Almidón de Maíz

Fuente: Pardo, O., et al., 2013, p.56.

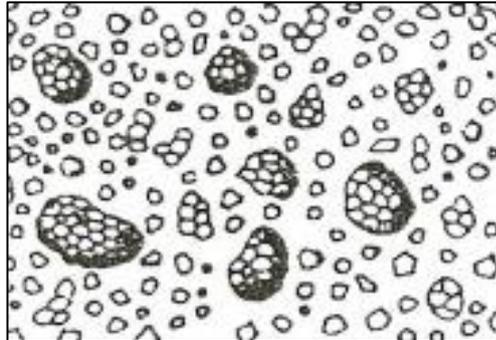


Figura 5-2: Gránulo del Almidón de Arroz

Fuente: Pardo, O., et al., 2013, p.57.



Figura 6-2: Gránulo del Almidón de Yuca

Fuente: Pardo, O., et al., 2013, p.57.



Figura 7-2: Gránulo del Almidón de la papa

Fuente: Pardo, O., et al., 2013, p.57.

2.2.5. Almidón de Papa

2.2.5.1. Amilosa

Polímero lineal D-glucosa con un promedio de 500-600 unidades por medio de enlaces α (1-4), soluble en agua a temperaturas entre 70-80 C, además, posee un grado de polimerización de 200 a 300. Forman estructuras helicoidales que en su interior contienen átomos de hidrógeno y en su exterior grupos hidroxilos (Medina, J. & Salas, J., 2008, p.27).

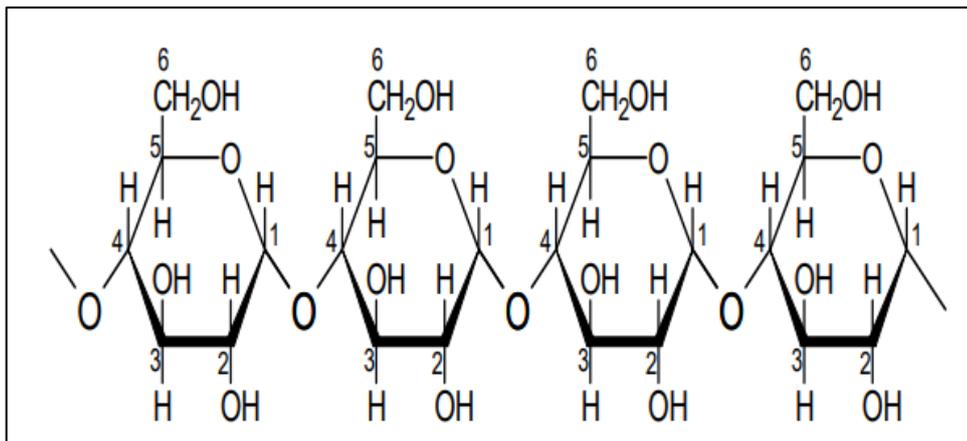


Figura 8-2: Molécula de Amilosa

Fuente: Medina, J. & Salas, J., 2008, p.28.

2.2.5.2. Amilopectina

Polisacárido posee ramificaciones parecida a la de un árbol, con unidades D-glucosa unidas a través de enlaces α (1-4) y las ramificaciones en uniones α (1-6) localizadas cada 25-30 unidades

lineales de glucosa, además, del 75-83% del peso del almidón pertenece a la amilopectina (Medina, J. & Salas, J., 2008, p.27).

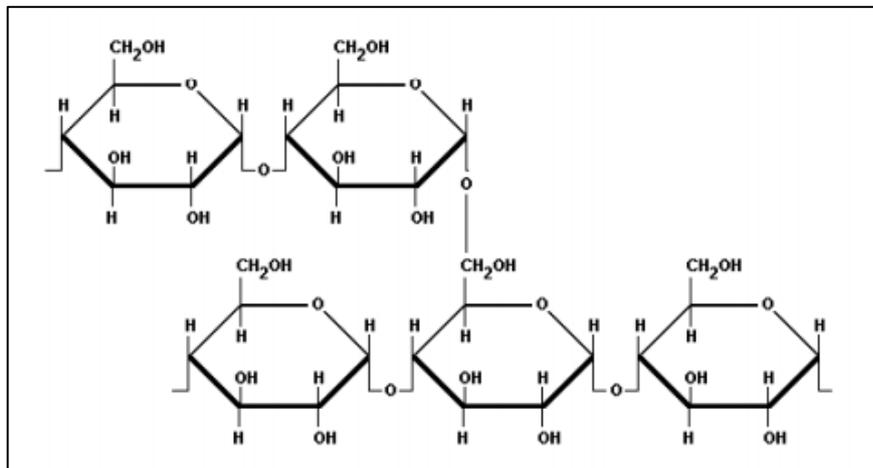


Figura 9-2: Molécula de Amilopectina

Fuente: Medina, J. & Salas, J., 2008, p.27.

2.2.6. *Agua Destilada*

Agua Resultante de la destilación para suprimir cualquier presencia de impurezas, además, carencia de sales minerales, que están presentes como: cloruros, calcio, fluoruros y otros electrolitos. Usada en la formulación de la biopelícula como un plastificador y de esta manera alcanzando la desintegración estructural del almidón, buscando propiedades físico-mecánicas ideales, teniendo en cuenta que es un material cuantioso aparte de ser económico (Valdivia, R., et al., 2015, p.63).

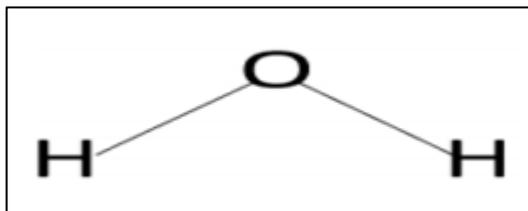


Figura 10-2: Estructura Molecular del Agua

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

2.2.7. *Glicerol*

De nombre comercial glicerina. Con características como: inodoro, incoloro, viscoso y poco dulce, inflamable. Su composición principal es el alcohol con cal tres grupos hidroxilos (OH) cuya formula molecular es C₃H₈O₃. No es considerada toxica en pequeñas cantidades, con

solubilidad en agua con un peso molecular de 92.09 g/mol (Aranda, G., 2017, p.6).

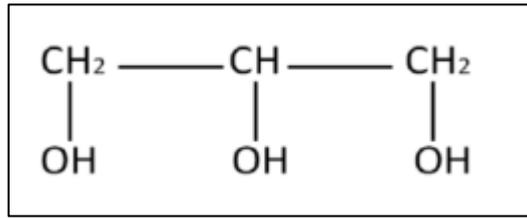


Figura 11-3: Estructura del Glicerol

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

2.2.8. *Ácido Acético*

Ácido Carboxílico con apariencia cristalina, ácido débil común como metabolito biológico y como sustrato de las enzimas acetiltransferasas. Con fórmula molecular C₂H₄O₂, por su grupo carboxilo transfiere propiedades ácidas a la molécula (INSST, 2018, p.5).

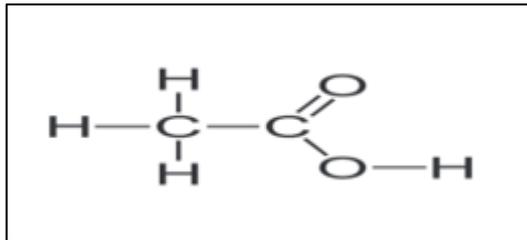


Figura 12-2: Estructura del Ácido Acético

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

2.3. Planteamiento de la Hipótesis

2.3.1. *Hipótesis General*

El almidón de la papa "Santa Isabel" (*Solanum tuberosum*) será materia prima idónea para la formulación de Biopelículas, sustituyendo a otros almidones comunes.

2.3.2. *Hipótesis Específicas*

- La obtención de almidón a partir de la papa "Santa Isabel" (*Solanum tuberosum*) mediante el método Húmedo se podrá obtener diferentes tipos de rendimiento según las variables que se involucren.
- Mediante la elaboración de la biopelícula a partir del almidón de la papa "Santa Isabel"

(*Solanum tuberosum*) a nivel de laboratorio por medio de formulaciones minuciosamente analizadas dará como resultado diferentes porcentajes de: módulo de elasticidad, carga de fluencia, esfuerzo de fluencia, carga máxima, esfuerzo máximo y elongación siendo éstas las características distintivas de cada biopelícula.

- Mediante la correcta validación de la biopelícula obtenida por las diferentes formulaciones se determinará si éstas están cumplen con las características necesarias para que sea biodegradable.

2.4. Identificación de variables

Tabla 6-2: Variables dependientes e independientes de la obtención del almidón

Variables dependientes	Variables independientes
Obtención del almidón	Revoluciones por minuto
	Tiempo de trituración

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Tabla 7-2: Variables Dependientes e Independientes de la Obtención de la Biopelícula

Variables Dependientes	Variables Independientes
Formulación de la Biopelícula	Porcentaje de Almidón
	Porcentaje de Plastificante (Glicerina)

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

2.5. Operación de variables

2.5.1. Operacionalización de las variables para la obtención de almidón

Tabla 8-2: Operacionalización de variables para la obtención de almidón

Variable	Tipo de variable	Definición operacional	Categorización	Indicadores	Instrumentos de medición/técnica o método
Almidón	Dependiente	Relación por ciento de rendimiento real con rendimiento teórico	-	Porcentaje de Amilosa y Amilopectina	Análisis Proximal
Tiempo	Independiente	Magnitud Física con que se mide la duración o	Tiempo de licuado en la obtención de	Segundos (s)	Cronómetro

		separación de acontecimientos	Almidón		
Revoluciones por minuto de trituración	Independiente	Magnitud Física que mide las revoluciones por unidad de tiempo	Trituración de la papa "Santa Isabel" (<i>Solanum tuberosum</i>)	Velocidad Angular alta y baja (rpm)	Licudadora

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

2.5.2. Operacionalización de las variables para la obtención de las biopelículas

Tabla 9-2: Operacionalización de variables para la formulación de la biopelícula

Variable	Tipo de Variable	Definición Operacional	Categorización	Indicadores	tg
Formulación de la Biopelícula	Dependiente	Obtención de un producto por manipulación de mezclas de diversas materias primas ya sea de origen natural o sintético	Porcentajes de Formulación	Unidades de las pruebas	Pruebas mecánicas y Físicas
Porcentaje de Almidón	Independiente	Porcentaje de la materia prima	Medida para formulación	Peso (g)	Balanza
Porcentaje de Plastificante	Independiente	Porcentaje de Glicerina a usar para moldear la mezcla (Biopelícula)	Medida de Glicerina para la Formulación y Categorización	Volumen (mL)	Probeta

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

2.6. Matriz de Consistencia

Tabla 10-2: Matriz de Consistencia

FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL" (<i>Solanum tuberosum</i>) PARA EL USO DE ALIMENTOS		
ASPECTOS GENERALES		
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General
Índices alarmantes de Contaminación generada por plásticos convencionales que poseen un tiempo muy extenso de	Formular y caracterizar una biopelícula a partir de almidón de papa "Santa Isabel" (<i>Solanum tuberosum</i>) para el embalaje de alimentos.	El material polimérico obtenido a partir de la papa "Santa Isabel" (<i>Solanum tuberosum</i>) tendrá las características necesarias para la correcta formulación y caracterización de un bioplástico.

degradación lo que limita al uso en el empaquetado y embalaje de alimentos, entre otros.				
ASPECTOS ESPECÍFICOS				
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	VARIABLES	Técnicas
¿Se obtiene almidón de la papa "Santa Isabel" (<i>Solanum tuberosum</i>) mediante el método Húmedo?	Obtener almidón de la papa "Santa Isabel" (<i>Solanum tuberosum</i>) mediante el método húmedo, molienda, tamizado y secado.	H1: La obtención de almidón a partir de la papa "Santa Isabel" (<i>Solanum tuberosum</i>) mediante el método Húmedo se podrá obtener diferentes tipos de rendimiento según las variables que se involucren. Además, este almidón cumplirá los requisitos para la elaboración de una biopelícula idónea.	VARIABLES Dependientes -Obtención del Almidón -Formulación de la Biopelícula VARIABLES Independientes -Revoluciones por minuto -Tiempo de Trituración -Porcentaje de Almidón -Porcentaje de Plastificante	- Extracción de Almidón por método Húmedo - Calculo de Rendimiento - Obtención de la Biopelícula con aditivos y el Almidón obtenido
¿Cómo se caracterizará el almidón obtenido?	Efectuar la caracterización del almidón obtenido mediante pruebas físico-químicas.	H2: Mediante la elaboración de la biopelícula a partir del almidón de la papa "Santa Isabel" (<i>Solanum tuberosum</i>) a nivel de laboratorio por medio de formulaciones minuciosamente analizadas dará como resultado diferentes porcentajes de: Módulo de elasticidad, Carca de Fluencia, Esfuerzo de Fluencia, Carca Máxima, Esfuerzo Máximo y Elongación siendo éstas las características distintivas de cada biopelícula.		
¿Cómo se determinará las formulaciones idóneas para la obtención de la biopelícula a obtenida del almidón de la papa "Santa Isabel" (<i>Solanum tuberosum</i>) de buena calidad?	Determinar las formulaciones y parámetros idóneos de las biopelículas con distintos porcentajes de concentración de almidón y aditivos.	H3: Mediante la correcta validación de la biopelícula obtenida por las diferentes formulaciones se determinará si éstas están cumplen con las características necesarias para su uso en la envoltura de alimentos.		
¿Cómo se evaluará la vida útil y degradación de la biopelícula obtenida del almidón de la papa "Santa Isabel" (<i>Solanum tuberosum</i>)?	Determinar el tiempo de Degradación del Bioplástico.			

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

2.7. Tipo de Investigación

El presente trabajo de titulación con enfoque investigativo se basó en el diseño factorial 2k para la obtención de almidón a partir de la papa "Santa Isabel" (*Solanum tuberosum*) para la correcta obtención del mismo y posterior determinar la formulación idónea para la preparación de la biopelícula variando la concentración del almidón y Glicerina.

2.8. Unidad de Análisis

En esta Investigación posee una sola base de análisis que es la papa "Santa Isabel" (*Solanum tuberosum*) que posteriormente mediante el proceso por Vía Húmeda se extrae su almidón el cual es considerado como la materia prima para la Formulación y Caracterización de la Biopelícula.

2.9. Población de Estudio

La población de estudio del presente proyecto investigativo corresponde a los muestreos de la papa "Santa Isabel" (*Solanum tuberosum*) que se procedió a realizar en los mercados de la ciudad de Riobamba-Ecuador tales como: "Santa Rosa", "Merced", "Mayorista", "San Francisco" con el fin de escoger entre la materia prima con mejores características y aspectos sin daños evidentes libre de plagas o en estado de descomposición.

2.10. Tamaño de Muestra

En esta investigación el tamaño de muestra se adquirió 100 kilogramos de papa "Santa Isabel" (*Solanum tuberosum*) dentro del cual se procedió a clasificar cada unidad entre las que posean las mejores características como color, olor, textura externa e interna, tamaño, etc., y de esta manera tener un buen rendimiento al momento de la extracción de almidón por Vía Húmeda y determinar su porcentaje de rendimiento que posee.

2.11. Selección de muestra

La muestra fue seleccionada por muestreo simple aleatorio simple, es decir, mediante la recolección en todos los lugares antes mencionados con un porcentaje hasta lograr un 100% de tal manera logrando los 100 kilogramos base.

2.12. Técnicas de Recolección de Datos

2.12.1. Obtención del almidón

El almidón se obtiene mediante Vía Húmeda por medio del diseño factorial 2¹ en el que sus variables con el tiempo de trituración o licuado y la velocidad del equipo obteniendo 4 tratamientos.

2.12.1.1. Técnica de extracción del almidón

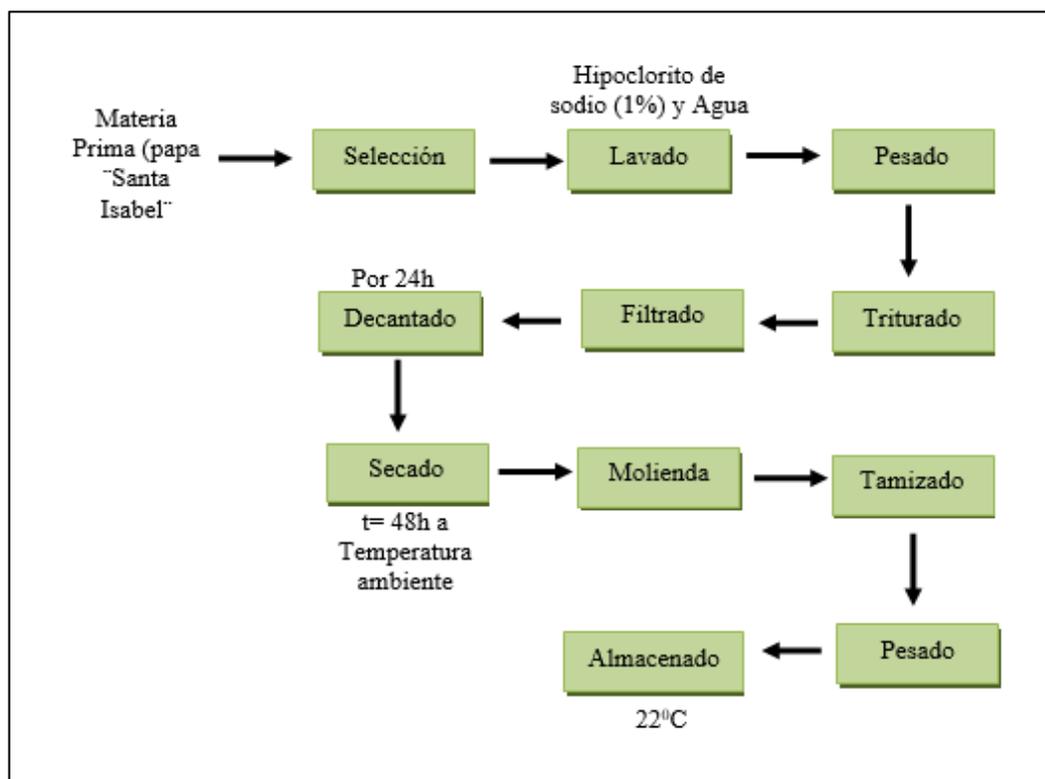


Figura 13-2: Diagrama de Flujo para la extracción de almidón de la papa "Santa Isabel"

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Tabla 11-2: Técnica de extracción de almidón de papa "Santa Isabel"

Materiales y Equipos	Reactivo	Procedimiento	Método de Ensayo
<ul style="list-style-type: none"> - Licuadora - Cuchillos - Balanza - Probetas - Cronómetro - Recipientes de plástico - Tela filtrante - Papel aluminio - Guantes - Fundas Ziploc - Mortero y Pistilo - Guantes Aislantes 	<ul style="list-style-type: none"> - Papa "Santa Isabel" - Agua Destilada 	<ul style="list-style-type: none"> - Recepción de la papa "Santa Isabel" (<i>Solanum tuberosum</i>): al recolectar la materia prima se procede a clasificar y a seleccionar las unidades con mejores características: color, olor, textura, etc. - Lavado: en esta etapa se tiende a eliminar toda presencia de suciedad, tierra e impurezas que se adhieran al tubérculo, este proceso se lo realiza con Hipoclorito de sodio 1% y agua ya que desinfectaríamos la materia en su mayor porcentaje. - Pesado: en esta sección se pesa una cantidad exacta para luego ser triturada - Triturado o Licuado: esta operación se lo realiza por un tiempo determinado al igual con un porcentaje de agua destilada determinada con el peso de la materia prima antes mencionada esperando tener homogeneidad. - Decantado: en esta etapa se deja reposar por al menos 24h en donde con el transcurso del tiempo se observa dos fases, una fase líquida que está en la parte superior y otra fase espesa que se encuentra en la parte inferior. - Filtrado: Una vez decantado por el tiempo necesario se filtra o más bien se separa el 	Vía Húmeda

		<p>almidón de la torta húmeda para el almidón secarlo y la torta húmeda darle diferentes usos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Secado: Ahora bien, se seca el almidón para eliminar el agua aun presente, por alrededor de 48h a temperatura ambiente. - Molienda y Tamizado: las partículas del almidón se adhieren unas a otras tras el secado por lo que es sumamente necesario moler para que su granulometría requerida. - Pesado: Una vez ya obtenido el almidón por Vía Húmeda para tener un control y rendimiento que posee la materia prima que es la papa "Santa Isabel" (<i>Solanum tuberosum</i>). - Almacenado: una vez obtenidos los datos se almacena en fundas ziploc en la cual no permite el ingreso de humedad por el cierre hermético. 	
--	--	---	--

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

2.12.1.2. Técnica para la caracterización del almidón

Tabla 12-2: Métodos de ensayo para la caracterización físico-química del almidón

Nº	ENSAYO
1	DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DEL GRÁNULO
	<p>Materiales y Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Balanza Analítica - Juego de tamices
	<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pesar 100 gramos de la muestra de almidón obtenido a partir del almidón de la papa "Santa Isabel" - Colocar en el Juego de Tamices la cantidad pesada del almidón que va desde la parte superior hasta la base del mismo - Someterlo en el Vibrotamiz por 10 minutos - Pesar cada uno de los tamices
	<p>Cálculos e interpretaciones de resultados</p> <p>Ecuación 1-2: Distribución del tamaño del almidón a partir de la papa "Santa Isabel"</p> $PNI = (Pt + Fa) - Ptv$
	<p>Ecuación 2-2: Sumatoria total de la Distribución del almidón a partir de la papa "Santa Isabel"</p> $STa = \Sigma PNI$
	Valor de Referencia

	<ul style="list-style-type: none"> - 95 a 100% deben encontrarse en el tamiz de la malla 140 (106 μm)
	<p>Método de Ensayo FAO, 2018, p.61.</p>
2	PRUEBA DE LUGOL
	<p>Materiales de Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Solución de Lugol - Tubo de Ensayo - Almidón - Agua Destilada - Almidón de papa "Santa Isabel"
	<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 mL de solución Agua-Almidón 1:1 en un tubo de ensayo - Adicionar 2 gotas de Solución Lugol - Observar coloración
	<p>Cálculos e interpretaciones de resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> - Medición Cualitativa - Debe tornarse con una coloración azul-violeta oscuro para que sea POSITIVO en presencia de almidón
	<p>Método de Ensayo Guía técnica para producción y análisis de almidón</p>
3	DETERMINACIÓN DE pH
	<p>Materiales y Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> - pHmetro - Agitador Magnético - Agua Destilada - Almidón a partir de la papa "Santa Isabel"
	<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Limpiar el electrodo del pHmetro con agua destilada para evitar cualquier interferencia en los resultados. - Secar con papel absorbente - Preparar la solución 1:5 de almidón – agua Destilada - Agitar la Solución por 30 minutos a 100 RPM en el agitador magnético - Introducir el electrodo en esta solución - Leer el pH <p><i>Ensayo por triplicado</i></p>
	Interpretación de Resultados

	Se encuentra correcto si está dentro del rango de 5,0-7,0 como requisito.
	<p>Método de Ensayo</p> <p>NTE INEN 1456, 2013, pp.1-2.</p>
4	CONTENIDO DE HUMEDAD Y MATERIA SECA
	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Almidón a partir de la papa "Santa Isabel" - Balanza Analítica - Crisoles - Estufa - Desecador
	<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tarar previamente los Crisoles - Pesar los Crisoles Tarados - Pesar 10 gramos del almidón que se obtiene a partir del almidón de la papa "Santa Isabel" y colocar en el crisol - Meter en la estufa durante 24 horas a 80°C - Enfriar los Crisoles en el desecador - Pesar el Crisol Frio - Repetir los 3 pasos anterior hasta obtener un peso constante <p><i>Ensayo por triplicado</i></p>
	<p>Cálculos e Interpretaciones de Resultados</p> <p>Ecuación 3-2: Cálculo del Porcentaje de Humedad del Almidón que se obtiene a partir de la papa "Santa Isabel"</p> $\%Ha = \frac{[(Mh - Ms)(g)]}{[(Ms - Mr)(g)]} * 100$ <p>Ecuación 4-2: Porcentaje de Materia Seca del Almidón que se obtiene a partir de la papa "Santa Isabel"</p> $\%Msa = 100 - \%Ha$
	<p>Valores de referencia</p> <p>El porcentaje de materia seca debe estar dentro del rango 87-90%</p>
	<p>Método de Ensayo</p> <p>FAO, 2010, p.62.</p>
5	RESIDUOS POR CALCINACIÓN
	<p>Equipos y materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Almidón obtenido mediante la papa "Santa Isabel"

	<ul style="list-style-type: none"> - Mufla - Reverbero - Crisoles - Balanza Analítica
	<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tarar los crisoles - Pesar 1 gramo de almidón - Calentar el crisol con el almidón hasta la ignición en el reverbero dentro de la campana extractora de gases - Colocar el crisol con la sustancia carbonizada en la mufla a 550 °C alrededor de 4 horas. - Enfriar en el desecador el crisol - Obtener un peso constante - Pesar <p><i>Ensayo por triplicado</i></p>
	<p>Cálculos e Interpretaciones de Resultados</p> <p>Ecuación 5-2: Residuos de Calcinación del almidón obtenido a partir de la papa "Santa Isabel"</p> $R = \frac{m1}{m} * 100$
	<p>Valores de referencia</p> <p>No deberá exceder el 0,12%</p>
	<p>Método de Ensayo</p> <p>FAO, 2018, p.91.</p>
6	<p>TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN</p> <p>Equipos y Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Termómetro - Probeta - Vasos de Precipitación - Malla de asbesto - Reverbero <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pesar 5 gramos del almidón obtenido de la papa "Santa Isabel" - Mezclar con Agua Destilada hasta que dicha solución llegue a 50 mL - Calentar a Baño María - Agitar constantemente e ir tomando la temperatura hasta el punto exacto que se forme una pasta

	<ul style="list-style-type: none"> - Leer dicha temperatura de Gelatinización <p><i>Ensayo por triplicado</i></p>
	<p>Interpretación de Resultados</p> <p>La temperatura de gelatinización se lee directamente del termómetro. Según (Altamirano, 2017), La temperatura de gelatinización en finalización Tc °C del arroz blanco oscila $79 \pm 4^{\circ}\text{C}$. La temperatura de gelatinización en finalización Tc °C del arroz integral oscila $74,6 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$</p>
	<p>Método de ensayo</p> <p>FAO, 2018, p.72.</p>
7	<p>ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA, ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA Y PODER DE HINCHAMIENTO</p>
	<p>Equipos y Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Termómetro - Balanza - Tubos de Centrifuga - Vasos de Precipitación
	<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pesar los tubos de centrifuga - Colocar 1,2 gramos de almidón de papa "Santa Isabel" y agregar 30 mililitros de agua destilada - Agitar - Baño María a 60 C por 30 minutos agitando cada 10 minutos - Centrifugar por 30 minutos a temperatura ambiente a 4900 RPM. - De inmediato decantar el sobrenadante y el volumen resultante medir - En un vaso de precipitación ya medido colocar 10 mililitros de sobrenadante - Introducir en la estufa este vaso de precipitación por toda la noche a 70C. - Pesar el gel que se encuentra en el tubo de centrifuga. - Pesar el Vaso de precipitación con el resultante del sobrenadante, parte insoluble. <p><i>Ensayo por triplicado</i></p>
	<p>Cálculos e Interpretaciones de Resultados</p> <p style="text-align: right;"><i>Ecuación 6-2: Índice de absorción de agua</i></p> $IAA = \frac{Pg(g)}{Pm(g)}$ <p style="text-align: right;"><i>Ecuación 7-2: Índice de solubilidad en agua</i></p>

	$ISA = \frac{Ps(g) \times V \times 10}{Pm(g)}$ <p style="text-align: right;"><i>Ecuación 8-2: Poder de hinchamiento</i></p> $PH = \frac{Pg(g)}{Pm(g) - Ps(g)}$
	<p>Valores de Referencia</p> <ul style="list-style-type: none"> - IAA 0,82 g gel / g muestra - ISA 0,27-12,32 % - PH 0,79 y 15,45
	<p>Método de Ensayo</p> <p>FAO, 2010, p.73.</p>
8	<p>VISCOSIDAD BROOKFIELD</p>
	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Termómetro - Varilla de Agitación - Reverbero - Vasos de Precipitación - Viscosímetro Brookfield DV- 1 - Caja de Agujas para el Brookfield
	<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - 25 gramos de Almidón y disolverlo con Agua Destilada hasta completar 50 mL - La suspensión es colocada en un vaso de precipitación de 1000 mililitros hasta su ebullición por 15 minutos sin dejar de agitar. - Enfriar hasta alcanzar una temperatura de 25C - Medir la Viscosidad con 10 RPM de velocidad con la aguja SPL 2.
	<p>Interpretación de Resultados</p> <p>La viscosidad se debe reportar sin decimales en centipoise (cP), informar el método utilizado: la concentración de la suspensión de almidón, temperatura, velocidad y número de aguja utilizada.</p>
	<p>Método de Ensayo</p> <p>FAO, 2010, p.66.</p>

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

2.12.2. Obtención de la Biopelícula

Para obtener la biopelícula se formula mediante el Diseño Factorial 2^k , en el cual el 2 corresponde a la concentración del almidón de papa "Santa Isabel" y la glicerina (plastificante) y la K corresponde a el número de repeticiones que debe realizar, como resultado 16 pruebas de 4 tratamientos y para la caracterización se efectuara mediante pruebas físico-químicas y pruebas mecánicas de tracción de láminas de bioplástico.

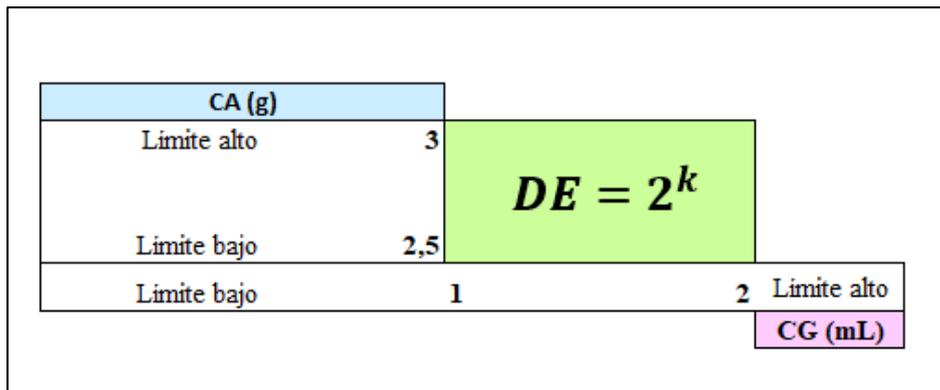


Figura 14-2: Diseño Factorial 2^k para la obtención de la biopelícula

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

2.12.2.1. Técnicas de formulación y caracterización de la biopelícula

Para le elaboración de la biopelícula de acuerdo a Escobar J. (2020, p.27) se usó el método denominado "Casting" modificado de acuerdo el requerimiento detallado a continuación:

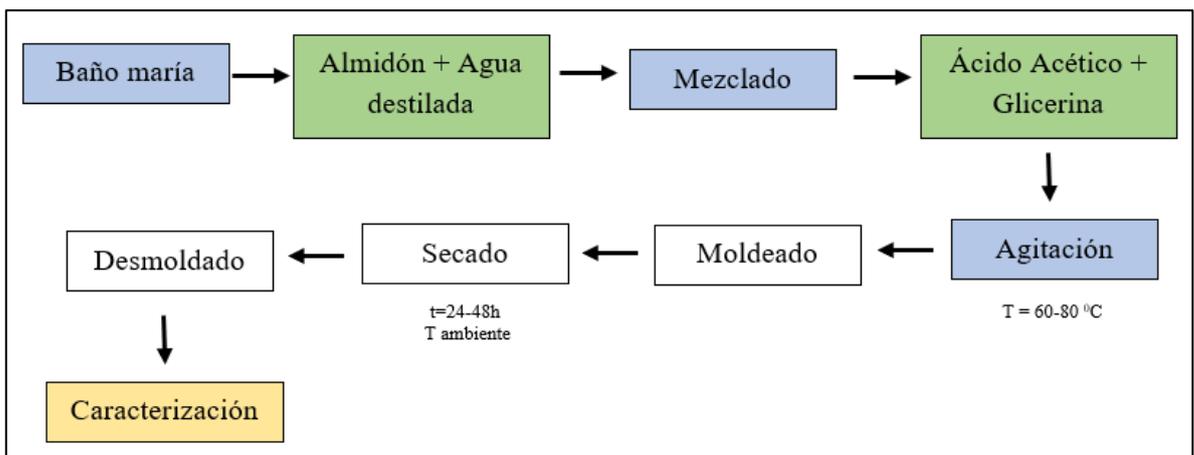


Figura 15-2: Diagrama de flujo para obtener la biopelícula a partir del almidón

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Tabla 13-3: Técnicas para la caracterización de las biopelículas a partir del almidón

Nº	Ensayo
1	HUMEDAD
	Materiales <ul style="list-style-type: none"> - Crisol - Estufa - Biopelícula
	Procedimiento <ul style="list-style-type: none"> - Se tomó el peso inicial de cada una de las biopelículas - Se colocan en crisoles cada una y someterlas a la estufa durante 24 horas a 105C. - Tomar el peso final <p><i>Ensayo por triplicado</i></p>
	Interpretación de Resultados <p style="text-align: center;"><i>Ecuación 9-2: Porcentaje de humedad de la biopelícula</i></p> $\%Hb = \frac{Pib - Pfb}{Pib} \times 100$
	Método de Ensayo <p>NTE INEN 1462, 2013, p.6.</p>
2	SOLUBILIDAD EN AGUA
	Materiales <ul style="list-style-type: none"> - Agua Destilada - Biopelícula
	Procedimiento <ul style="list-style-type: none"> - Cortar las películas en dimensiones de 2,5cm x 2,5 cm - Colocar las películas secas en frascos pequeños y colocar 80 ml de agua destilada, con una agitación de 100 RPM durante 1 hora - Posteriormente filtrar y colocar las películas en una estufa a 40°C, hasta que se seque y luego a 105°C hasta que obtengan peso constante <p><i>Ensayo por triplicado</i></p>
	Interpretación de Resultados <p style="text-align: center;"><i>Ecuación 10-2: Porcentaje de solubilidad de la biopelícula</i></p> $\%Sb = \frac{Pis - Pfs}{Pis} \times 100$

	<p>Método de Ensayo NTE INEN 1462, 2013, p.7.</p>
3	<p>ESPEJOR</p>
	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pie de Rey - Biopelícula
	<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tomar una lámina de 2,5x2,5 de la Biopelícula - Someter la lámina durante al menos 18 horas a 20C - Tomar las medidas <p><i>Ensayo por Triplicado de cada biopelícula</i></p>
	<p>Método de Ensayo NTE INEN 1456, 2013, p.5.</p>
4	<p>PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA</p>
	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biopelícula
	<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se empleó el método desecante, donde se utiliza gel de sílice previamente activado a 105°C por 24 horas - Llenar las ¾ partes de los tubos de ensayo, para mezclar puesto que serán pesados durante 6 horas - Medir la altura y el diámetro de los tubos de ensayo utilizados para este método - Cortar las películas en dimensiones de 2,5 x 2,5 cm para cada muestra, estas películas se colocan en la boca de los tubos de ensayo y se deberá sellar herméticamente - Posterior a esto son colocados en un desecador con un ambiente de humedad relativa 48%-52%, en el fondo del desecador se colocó una solución saturada de cloruro de sodio y a una temperatura de 20°C-27°C, las muestras fueron pesadas durante 6 horas consecutivas <p><i>Ensayo por Triplicado</i></p>
<p>Interpretación de Resultados</p> <p style="text-align: center;"><i>Ecuación 11-2: Tasa de transmisión de vapor de agua</i></p> $WVTR = \frac{\left(\frac{Q}{t}\right)}{A} \text{ expresado en } \left(\frac{g}{hxm^2xm}\right)$	

Ecuación 12-2: Transmisión de vapor de agua

$$WVP = \frac{WVTRxz}{S(HR2 - HR1)} \text{ en } \frac{g}{h \times m \times Mpa}$$

Método de Ensayo

Nuñez, 2016, p.34.

5 ENSAYO DE TRACCIÓN

Materiales

- Máquina Universal de Ensayos- WAW600B.
- Probeta tipo A especificada en la (NTE INEN 2043:2013, 2013, p. 4)
- Probetas de Bioplástico a partir de almidón de papa "Santa Isabel".

Procedimiento

- El presente ensayo fue realizado en el laboratorio LenMav

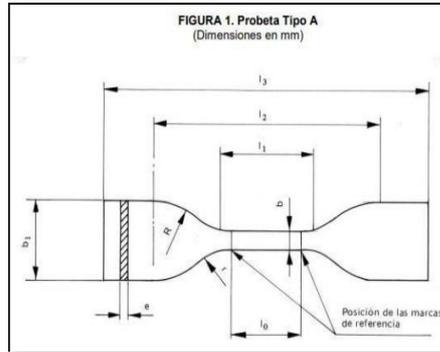


Figura 16-2: Ensayo de Tracción Biopelícula

Fuente: NTE INEN 2 542 et al., 2010, p. 4

- l3 = Longitud total mínima 115
- b1 = Anchura en los extremos 25 ± 1
- l1 = Longitud de la parte calibrada 33 ± 2
- b = Anchura de la parte calibrada 6 ± 0,4
- r = Radio menor 14 ± 1
- R = Radio mayor 25 ± 2
- lo = Longitud de referencia 25±0,25
- l2 = Distancia inicial entre mordazas 80 ± 5

Ensayo por Triplicado

6 BIODEGRADABILIDAD

Materiales

- Biopelículas de los Tratamientos A, B, C, D
- Agua

	<ul style="list-style-type: none"> - Tierra - Envases
	<p>Procedimiento</p> <p>Biodegradabilidad Aerobia</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cortar Biopelículas en dimensiones de 2,5x2,5 cm medidos a continuación en IMAGEJ - En un contenedor tomar Tierra - Las biopelículas deben estar introducidas en la tierra a una profundidad de 2 cm - Al paso de 15 días sacar las biopelículas y volver a tomar sus dimensiones en IMAGEJ
	<p>Interpretación de Resultados</p> <p style="text-align: center;"><i>Ecuación 13-3: Biodegradabilidad en IMAGEJ</i></p> $\%B = \frac{D1 - D2}{D1} \times 100$
	<p>Método de Ensayo</p> <p>NTE INEN 2643, 2012, p.3.</p>

Realizado por: Herrera, Zayda, 2021.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Ensayos Realizados a la Papa "Santa Isabel"

3.1.1. *Análisis físicos realizados a la papa "Santa Isabel"*

En la Tabla 14-3 se muestra los resultados de los análisis físicos de la papa "Santa Isabel" que es la materia prima para realizar la biopelícula a base de su almidón, se tomó una población alzar de 5 unidades, se promedió a tomar los datos de cada uno y determinar su promedio

Tabla 14-3: Datos Obtenidos de los Análisis Físicos de la papa "Santa Isabel"

Nº	Papa "Santa Isabel"		
	Peso (g)	Longitud (cm)	Espesor (cm)
1	114	9,86	6,43
2	125	9,94	6,51
3	157	9,96	6,63
4	103	8,75	7,23
5	132	9,34	6,34
Promedio	126,2	9,56	6,628

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

La papa Santa Isabel debe tener entre 100-150 gr de peso y sus dimensiones de longitud y anchura deben estar alrededor de los 10 y 7 cm respectivamente, con lo cual puede ser usada como materia prima ya que se encuentra dentro de los límites establecidos (Rica, E., et al., 2017, p.25).

3.1.2. *Análisis sensoriales realizados a la papa "Santa Isabel"*

Tabla 15-3: Datos obtenidos de los análisis sensoriales realizados a la papa "Santa Isabel"

No.	PAPA "SANTA ISABEL"	
	Característica	
1	Olor	Leñoso
2	Sabor	Insípido
3	Color	Amarillo
4	Textura interna	Húmeda

5	Textura externa	Rugoso/Seco
---	-----------------	-------------

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

La papa como hortaliza debe cumplir con un sinnúmero de requisitos de calidad para el consumo humano o a su vez como materia prima de algún compuesto o material, por lo cual según la NTE INEN 2117, la papa Santa Isabel en su estado natural fresco comparando con la Tabla 15-3 las características están dentro del rango establecido (NTE INEN 2117, 2013, p.5).

3.2. Ensayos realizados al almidón a partir de la papa "Santa Isabel"

3.2.1. Análisis sensoriales realizados al almidón

Tabla 16-3: Datos obtenidos de los análisis al almidón

No.	ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL"	
	Característica	
1	Olor	Inoloro
2	Sabor	Insípido
3	Color	Blanco antiguo
4	Textura	Granular

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

3.2.2. Diseño Factorial para el almidón en STATGRAPHICS

Atributos del Diseño de Cribado				
Clase de diseño: De Cribado				
Nombre del Diseño: Factorial 2^2				
Nombre del archivo: <Sin Título>				
Diseño Base				
Número de factores experimentales: 2				
Número de bloques: 4				
Número de respuestas: 1				
Número de corridas: 16				
Grados de libertad para el error: 11				
Aleatorizar: No				
<i>Factores</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Unidades</i>	<i>Contínuo</i>
VELOCIDAD	-1.0	1.0	RPM	Si
TIEMPO DE LICUADO	-1.0	1.0	segundos	Si
<i>Respuestas</i>	<i>Unidades</i>			
PESO	gramos			

Gráfico 1-3: Atributos del Diseño Factorial para el almidón en STATGRAPHICS

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

El Diseño Factorial tendrá los siguientes efectos: 2 factores experimentales en 16 corridas mediante 4 bloques como se muestra en el Gráfico 1-3, la cual se realizó en Statgraphics, con el

principal objetivo de analizar minuciosamente cada uno de los factores que van a interferir con el resultado, mientras que con un mínimo en lo posible de número de datos, ahorrando tiempo y dinero (Gutierrez, H., 2016, p.91).

3.2.3. Rendimiento del almidón a partir de la papa "Santa Isabel"

3.2.3.1. Datos del rendimiento del almidón de la papa "Santa Isabel"

Tabla 17-3: Variables utilizadas para el cálculo del rendimiento del almidón

Variables		
Velocidad Angular (RPM)	Alto	Bajo
Tiempo (Segundo)	60	45

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

3.2.3.2. Cálculos realizados para el rendimiento del almidón

Ecuación 14-3: Rendimiento del almidón de la papa "Santa Isabel"

$$\%Rendimiento = \frac{P_{ao}}{P_{ip}} \times 100$$

$$\%Rendimiento = \frac{28,950 \text{ gr}}{200 \text{ gr}} \times 100$$

$$\%Rendimiento: 14,475 \%$$

Tabla 18-3: Resultados del rendimiento obtenido del almidón

No.	Tratamiento	Variables	Repetición	Volumen agua (mL)	Peso (g)			Rendimiento (%)		Tiempo secado (h)	
					Producto (g)	Almidón		R	Promedio		
						R	Promedio				Total
1	T1	RPM B: 45	R1	500	200	28,871	28,950	115,799	14,4355	14,475	32
2			R2			28,934			14,467		
3			R3			28,991			14,4955		
4			R4			29,003			14,5015		
5	T2	RPM B: 60	R1			31,761	31,454	125,816	15,8805	15,727	48
6			R2			31,284			15,642		
7			R3			30,937			15,4685		
8			R4			31,834			15,917		
9	T3	RPM A: 45	R1			33,453	34,000	136,001	16,7265	17,000	32
10			R2			33,625			16,8125		
11			R3			33,982			16,991		
12			R4			34,941			17,4705		
13	T4	RPM A: 60	R1			36,293	36,657	146,628	18,1465	18,329	48
14			R2			36,238			18,119		
15			R3			37,899			18,9495		
16			R4			36,198			18,099		

Realizado por: Herrera, Zayda, 2021.

Se realizó cuatro tratamientos ya que estamos realizando un Diseño Factorial 2² y según Gutierrez, H (2016, p.168) se estudia el efecto de dos factores y la réplica de cada diseño se determina por $2 \times 2 = 4$ tratamientos o combinaciones como se muestra en la Tabla 18-3 en el cual con 200 gramos de la materia prima, es decir, de la papa "Santa Isabel", en el primer tratamiento se tuvo un rendimiento promedio de 14,475%, segundo tratamiento 15,727%. tercer tratamiento

17,000%, siendo el cuarto tratamiento con un rendimiento más alto con 18,329%, pero visualmente se puede denotar que no existe una diferencia significativa.

3.2.3.3. Varianza de rendimiento obtenido del almidón

Tabla 19-3: Análisis de varianza del rendimiento obtenido del almidón

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Muestra	26,28356556	1	26,2835656	320,7949081	5,03686E-10	4,747225347	
Columnas	6,65898025	1	6,65898025	81,27386492	1,08458E-06	4,747225347	
Interacción	0,005814063	1	0,00581406	0,070961516	0,794464029	4,747225347	
Dentro del grupo	0,983191375	12	0,08193261				
Total	33,93155125	15					

Realizado por: Herrera, Zayda, 2021.

De acuerdo con Gutierrez, H., (2016, p.177) el error máximo permitido es de 0,05 por lo cual, la probabilidad encontrada es de 0,794464029 la cual se compara con este y se puede denotar que la probabilidad es mayor que el error, confirmando que no existe diferencia significativa dentro del Rendimiento a partir de la obtención del almidón de papa "Santa Isabel", es decir que, tanto la velocidad como el tiempo de licuado dependen para su resultado satisfactorio.

3.2.3.4. ANOVA, Análisis de varianza para el peso del almidón

Análisis de Varianza para PESO					
<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:VELOCIDAD	105,134	1	105,134	320,79	0,0000
B:TIEMPO DE LICUADO	26,6359	1	26,6359	81,27	0,0000
AB	0,0232562	1	0,0232562	0,07	0,7945
Error total	3,93277	12	0,32773		
Total (corr.)	135,726	15			

R-cuadrada = 97,1024 por ciento
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 96,378 por ciento
Error estándar del est. = 0,572477
Error absoluto medio = 0,370531
Estadístico Durbin-Watson = 2,16933 (P=0,7065)
Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,112239

Gráfico 2-3: Análisis de varianza para el peso del almidón

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

De acuerdo con Juárez, S., (2015, p.71) se separa toda variabilidad de peso para cada uno de las variables o defectos que es la velocidad y el tiempo de licuado para una comparación estadística de R-cuadrada con un estimado del error experimental.

En este caso, 2 efectos tienen un valor-P menor que 0,05; indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%; es decir, que por individual la velocidad y tiempo de licuado sí tiene efecto en la respuesta en el rendimiento.

El estadístico R-cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 97,1024% de la variabilidad en peso. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 96,378%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,572477. El error medio absoluto (MAE) de 0,370531 es el valor promedio de los residuos. Puesto que el valor-P es mayor que 5,0%; no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%.

3.2.3.5. Verificación de supuestos

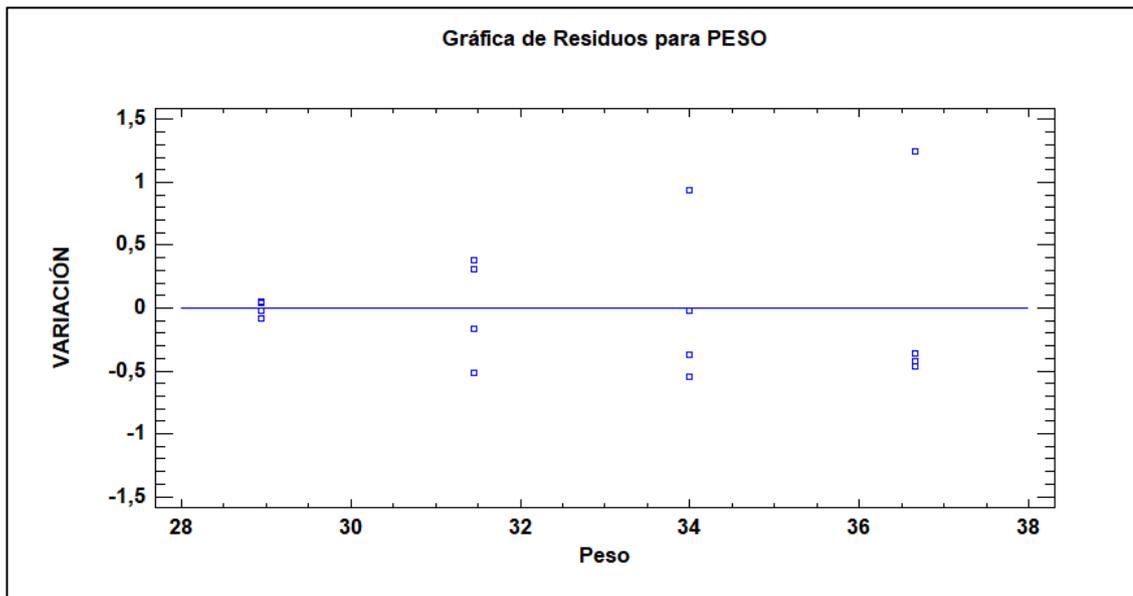


Gráfico 3-3: Verificación de supuestos del almidón

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Según Varela. M., et al. (2011, p.89) para cumplir con el supuesto de varianza se deben observar que las columnas de los puntos acorde a tus tratamientos tengan "más o menos" la misma dispersión, por lo cual, como podemos observar el análisis propuesto cumple con lo dicho ya que, la dispersión de los puntos es parecida una de la otra, como se comprobó en el Gráfico 3-3 que no existe diferencia significativa en el resultado de datos.

3.2.3.6. Optimización de respuesta

Optimizar Respuesta			
Meta: maximizar PESO			
Valor óptimo = 36,657			
<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
VELOCIDAD	-1,0	1,0	1,0
TIEMPO DE LICUADO	-1,0	1,0	1,0
El StatAdvisor			
Esta tabla muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza PESO sobre la región indicada. Use el cuadro de diálogo de Opciones de Ventana para indicar la región sobre la cual se llevará a cabo la optimización. Puede establecer el valor de uno o más factores a una constante, estableciendo los límites alto y bajo en ese valor.			

Gráfico 4-3: Optimización de respuesta del almidón

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

De acuerdo con Rojas, P. (2009, p.19) el objetivo o meta a alcanzar es el máximo de la variable respuesta la cual este caso es el peso, el cual obtendríamos en el tratamiento 4 con un promedio de 36,657 gramos dentro de las repeticiones, aunque como no existe diferencia significativa dentro del rendimiento y con el objetivo de minimizar costos y aumentar producción dentro de la producción se podría tomar en consideración en tratamiento 3 con un promedio de 34,00 gramos con RPM alta y a 45 segundos, disminuyendo su tiempo de licuado pero manteniendo el objetivo a lograr.

3.2.3.7. Resultados del rendimiento del almidón

Tabla 20-3: Rendimiento del almidón de papa

No.	Tratamiento	Peso (g)		Rendimiento (%)
		Papa (g)	Almidón (g)	
1	T1	800	115,799	14,47
2	T2	800	125,816	15,73
3	T3	800	136,001	17,00
4	T4	800	146,628	18,33
TOTAL				16,38

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

3.2.4. Porcentaje de amilosa y amilopectina

Tabla 21-3: Porcentaje de amilosa y amilopectina en el almidón

No	Ensayo	Almidón	Institución
1	Amilosa	36,67	INIAP
2	Amilopectina	63,33	INIAP

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

El contenido de amilosa es de 36,67% y amilopectina es de 63,33% mientras y según Zapata, C. (2019, p.2) los valores resultantes están dentro del rango permitido de amilosa y amilopectina (14,05-49,0% y 51,0-85,95%) respectivamente por lo cual la calidad del almidón a partir de la papa "Santa Isabel" es una materia prima idónea para la formulación y caracterización de la biopelícula.

3.2.5. Distribución del tamaño del gránulo

Tabla 22-3: Distribución del tamaño del gránulo del almidón

Apertura μm	% Retenido del almidón de la papa "Santa Isabel"
300	3,23
150	15,07
106	42,21
63	33,53
38	5,23
Base	0,73
Total	100

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Según Medina, J. & Salas, J. (2008, p.32) el mayor porcentaje debe estar contenido en la malla de apertura de 160 μm alrededor del 95% y como se puede comprobar en la Tabla 22-3 si cumple con lo detallado con un 42,21% del total de almidón a partir de la papa "Santa Isabel" tamizado para que este sea una materia prima de calidad.

3.2.6. Prueba Lugol



Figura 17-3: Prueba cuantitativa Yodo-Lugol al almidón

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

De acuerdo con Martín, S., et al. (2013, p.2) el reactivo de Lugol o Yodo Lugol permite identificar cualitativamente un polisacárido, es decir, si existe la presencia de almidón este se torna de color azul-violeta como se muestra en la Figura 17-3 dando positivo en la presencia de almidón, ya que, éste tiende a absorber el reactivo dando aquella coloración pero si no existiera la presencia de amilosa y amilopectina tomaría una coloración amarilla dando negativo en presencia como almidón.

3.2.7. Determinación de pH

Tabla 23-3: pH del almidón

No	pH del almidón a partir de la papa "Santa Isabel"
1	5,92
2	5,821
3	5,961
Promedio	5,901

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Según la Norma NTE INEN 1456 (2013, p.2) especula que el pH debe tener un rango entre 5,0-7,0 por

lo cual como se puede observar en la Tabla 23-3 por medio del procedimiento detallado en la Tabla 11-2 por triplicado se obtuvo un pH de 5,901 está dentro de los límites ya que la papa "Santa Isabel" de donde este proviene estuvo en óptimas condiciones.

3.2.8. Contenido de materia seca humedad

3.2.8.1. Datos para la humedad y materia seca del almidón

Tabla 24-3: Peso del crisol vacío

Repetición	Peso del crisol vacío (Mr)
1	39,902
2	40,071
3	39,928

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Tabla 25-3: Peso de la muestra inicial

Repetición	Peso de la muestra inicial
1	5,001
2	4,991
3	5,003

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Tabla 26-3: Peso del crisol más muestra húmeda

Repetición	Peso del crisol más muestra húmeda (Mh)
1	44,9030
2	45,0620
3	44,9310

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Tabla 27-3: Peso del crisol más muestra seca

Repetición	Peso del crisol más muestra seca en el transcurso de 24 horas (Ms)
1	44,459
2	44,566

3	44,469
---	--------

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

3.2.8.2. Cálculos para la humedad y materia seca del almidón

A partir de la Ecuación 3-2:

$$\%Ha = \frac{[(Mh - Ms)(g)]}{[(Ms - Mr)(g)]} \times 100$$

$$\%Ha1 = \frac{[(44,9030 - 44,459)(g)]}{[(44,459 - 39,902)(g)]} \times 100$$

$$\%Ha = 9,743\%$$

A partir de la Ecuación 4-2:

$$Msa = 100 - \%Ha$$

$$Msa = 100 - 9,743\%$$

$$Msa = 90,257 \%$$

3.2.8.3. Resultados para la humedad y materia seca del almidón

- Humedad del almidón a partir de la papa "Santa Isabel"

Tabla 28-3: Humedad del almidón a partir de la papa "Santa Isabel"

Repetición	Humedad del almidón a partir de la papa "Santa Isabel" (Ha)
1	9,743
2	11,034
3	10,174
Promedio	10,317

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

De acuerdo a la Investigación denominada Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas (Alvis A., et al., 2008, p.21) el

almidón de papa debe tener un rango de humedad de 7-13% y como se puede constatar en la Tabla 28-3 se tiene un promedio de 10,317% luego de haber realizar el ensayo por triplicado para tener una mejora de resultados a partir de los cálculos de la Ecuación 3-2 el cual es un valor esencial durante todo el proceso pariendo del punto de gelatinización para la correcta obtención de la biopelícula a partir del almidón de la papa "Santa Isabel".

- **Materia Seca del almidón**

Tabla 29-3: Materia seca del almidón

Repetición	Materia seca del almidón a partir de la papa "Santa Isabel" (Msa)
1	90,257
2	88,97
3	89,83
Promedio	89,683

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

De acuerdo con INEN-1526 et al. (1987, p.76) al Método ICONTEC debe tener un rango de 87-90% de materia seca el almidón para que este posea con la característica pertinente y sea considerado satisfactorio dentro de esta caracterización por lo cual, como el promedio luego de haber realizado por triplicado en ensayo se puede visualizar en la Tabla 29-3 que se tiene un valor de 89,683%.

3.2.9. Residuo por calcinación

3.2.9.1. Datos para el residuo por calcinación del almidón

Tabla 30-3: Datos para el residuo por calcinación del almidón

Repetición	Masa de la muestra (m)	Masa del residuo (m1)
1	1,000	0,001
2	1,003	0,001
3	1,001	0,001

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

3.2.9.2. Cálculos para el residuo por calcinación del almidón

A partir de la Ecuación 5-2:

$$R = \frac{m1}{m} * 100$$

$$R = \frac{0,001}{1,000} * 100$$

$$R = 0,0900 \%$$

3.2.9.3. Resultados para el residuo por calcinación del almidón

Tabla 31-3: Resultados para el residuo por calcinación del almidón

Repetición	Residuo por calcinación (R)
1	0,0900
2	0,0997
3	0,0999
Promedio	0,0965

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

En la Norma Técnica Ecuatoriana 2784 especula que el residuo de calcinación del almidón debe estar por debajo del 0,12% (<0,12%) el cual depende mucho del porcentaje de humedad también que este posea, en la Tabla 27-3 el almidón posee una humedad de 10,317 que está dentro del rango y por consiguiente realizado en ensayo de residuo por calcinación por triplicado como se observa en la Tabla 31-3 tiene un promedio de 0,0965% siendo un resultado satisfactorio (NTE INEN 2784, 2013, p.6).

3.2.10. Temperatura de gelatinización

Tabla 32-3: Temperatura de gelatinización del almidón

Repeticiones	Temperatura de gelatinización del almidón a partir de la papa "Santa Isabel"
1	70,00
2	69,00
3	69,00

Promedio	69,33
----------	-------

Realizado por: Herrera, Zayda, 2021.

Como bien se sabe la temperatura de gelatinización del almidón es quizá el punto más importante como materia prima ya que de ella se deriva la calidad-estabilidad-proceso, ya que, en este proceso ocurren reacciones irreversibles porque pasa por el proceso calor-humedad en donde se torna el hinchamiento del gránulo y pérdida de claridad desordenado las cadenas de su estructura y esto depende de la satisfacción de cada uno de los ensayos realizados en los puntos anteriores acompañado de la velocidad del calentamiento, el porcentaje de agua que debe ser mínimo un 30% y temperatura de 60-75% (Pineda, G., et al., 2010, p.131), una vez llegado al punto limite las moléculas del almidón comienzan a vibrar y a la par rompen sus puentes de hidrogeno intermoleculares y su hinchamiento es visible por su absorción de agua que aclarado ya es irreversible. Bien, esto ha sucedido pero para ser más exacto debe tener un rango de aceptación de 57,5-70 °C como lo dice Correa, D., et al. (2017, p.12) en su investigación, por lo cual en la Tabla 32-3 se confirma ya que luego de realizar el ensayo por triplicado tiene un promedio de 69,33 C siendo este un almidón idóneo.

3.2.11. Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento

3.2.11.1. Datos para el índice de absorción de agua, índice de absorción de agua y poder de hinchamiento

Tabla 33-3: Peso gel

Repetición	Peso Gel (Pg en g)
1	5,921
2	6,236
3	6,492

Realizado por: Herrera, Zayda, 2021.

Tabla 34-3: Peso descartado de sobrenadante

Repetición	Volumen descartado de sobrenadante (V en mL)
1	26,933
2	26,373
3	25,972

Realizado por: Herrera, Zayda, 2021.

Tabla 35-3: Peso soluble para el índice de absorción de agua

Repetición	Peso soluble (Ps en g)
1	0,02
2	0,03
3	0,02

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

- **Índice de absorción de agua (IAA)**

3.2.11.2. Cálculos para el índice de absorción de agua

A partir de la Ecuación 6-2:

$$IAA = \frac{Pg (g)}{Pm (g)}$$

$$IAA = \frac{5,921 g}{1,25 g}$$

$$IAA = 4,737 \frac{g \text{ gel}}{g \text{ muestra}}$$

3.2.11.3. Resultados para el índice de absorción de agua

Tabla 36-3: Resultados del índice de absorción de agua

Repetición	Índice de absorción de agua (IAA en g gel/g muestra)
1	4,737
2	4,989
3	5,194
Promedio	4,973

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Según Acosta, J., et al. (2018, p.13) el almidón a partir de papa que en este caso es la papa "Santa Isabel" tiene un índice de absorción de agua que tiene un rango de 2,36-10,27 g gel/ g muestra que es el peso de gel que se obtuvo por gramo del almidón que es la muestra seca la cual dio como resultado de la energía del hinchamiento que se produce al aumentar la temperatura, ya que, es directamente proporcional el grado de temperatura con el porcentaje de hinchamiento del gránulo el cual dependerá mucho de la gelatinización que poseerá, bien, en la Tabla 36-3 luego de haber

realizado el ensayo por triplicado se tiene un promedio de 4,973 g gel/g muestra el cual es satisfactorio (Consea et al., 2010, p.18).

- **Índice de solubilidad en agua**

3.2.11.4. *Cálculos para el índice de solubilidad en agua*

A partir de la Ecuación 7-2:

$$ISA = \frac{Ps \times V \times 10}{Pm}$$

$$ISA = \frac{0,02 \text{ g} \times 26,933 \text{ mL} \times 10}{2,35 \text{ g}}$$

$$ISA = 4,309 \%$$

3.2.11.5. *Resultados para el índice de solubilidad en agua*

Tabla 37-3: Resultado del índice de solubilidad en agua

Repetición	Índice de solubilidad de agua (ISA en %)
1	4,309
2	6,330
3	4,156
Promedio	4,931

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Para que el almidón tenga buena calidad explicado en la investigación que realizó Consea et al. (2010, p.3) debe tener una solubilidad baja, es decir, que si la solubilidad es alta presenta muy poca estabilidad cuando este ya este frio y es totalmente perjudicial para tomarlo como materia prima, entonces el rango establecido es 0,15-6,19 % y como se puede constatar en la Tabla 37-3 luego de haber realizado el ensayo por triplicado un promedio de 4,931% que nos indica que su solubilidad es estable cual el almidón a partir de la papa "Santa Isabel" fue sometido a la temperatura de 60-75 °C sufrió el correcto precipitado de la amilosa (Acosta, J., et al., 2018, p.14).

- **Poder de hinchamiento**

3.2.11.6. *Cálculos para el poder de hinchamiento*

A partir de la Ecuación 8-2:

$$PH = \frac{Pg}{Pm - Ps}$$

$$PH = \frac{5,921 \text{ g}}{1,25 \text{ g} - 0,02 \text{ g}}$$

$$PH = 4,814$$

3.2.11.7. *Resultados para el poder de hinchamiento*

Tabla 38-3: Resultado del poder de hinchamiento

Repetición	Poder de hinchamiento (PH)
1	4,814
2	5,111
3	5,278
Promedio	5,068

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Se ha especificado que el poder de hinchamiento es directamente proporcional con la temperatura a la que es sometido el gránulo del almidón que fue a partir del almidón de la papa "Santa Isabel" entonces a mayor temperatura mayor poder de hinchamiento tendrá el gránulo del almidón (Correa M., et al., 2018, p.5), ya que, a temperaturas específicas (altas) los enlaces suelen relajarse absorbiendo agua por los grupos hidroxilo que posee de sus cadenas ramificadas, considerado como la parte no solubilizada la cual debe tener un rango específico de 2.48-9,22 % y como se puede observar en la Tabla 38-3 luego de haber realizado el ensayo por triplicado para mejorar su exactitud un promedio de 5,068% estando este valor dentro de lo recomendado cumpliendo con las especificaciones (Badui S., 2006, p.23).

3.2.12. Viscosidad brookfield

De partir del método de ensayo detallado en la Tabla 12-2 se tuvo los siguientes resultados:

3.2.12.1. Resultados de la viscosidad brookfield del almidón

Tabla 39-3: Viscosidad Brookfield del almidón

Repeticiones	Aguja	Viscosidad brookfield
1	SPL 2	3212,820 cP.
2	SPL 2	3128,210 cP.
3	SPL 2	3321,421 cP.
Promedio		3220,817 cP.

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Según Gavilanes, L., (2021, p.81) en su tesis de investigación de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo determina que el rango de viscosidad de brookfield es de $3324,0 \pm 18,4$ según la norma establecida para el ensayo de caracterización del almidón a partir de alguna materia orgánica por lo cual como se puede visualizar en la Tabla 39-3 luego de haber realizado por triplicado el ensayo un promedio de 3220,817 cP, valor por el cual se encuentra dentro del rango previsto.

3.2.13. Análisis Microbiológicos

Tabla 40-3: Análisis microbiológicos al almidón

Determinaciones	Unidades	Método de análisis	Valores de referencia	Resultado
Coliformes Totales	UFC/100 mL	Siembra en masa	-	30
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	Siembra en masa	<10	Ausencia
Mohos y Levaduras	UFC/100 mL	Siembra en masa	1000 - 5000	Ausencia

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

De acuerdo a Tocagón, B. (2015, p.33) establece parámetros límite o rangos que deben ser cumplidos obligatoriamente ya que el almidón a partir de la papa "Santa Isabel" será utilizado como materia prima para la elaboración de una biopelícula, tal que, para coliformes fecales un valor de <10 UFC/100 mL, para mohos y levaduras un rango de 1000-5000 UFC/100 mL teniendo un resultado de Ausencia como se puede visualizar en la Tabla 40-3 al igual para coliformes totales un valor de 30 UFC/100 mL.

3.3. Ensayos realizados a la biopelícula

3.3.1. Pruebas piloto de la biopelícula

Para la elaboración de la biopelícula a partir del almidón de la papa "Santa Isabel" se especifica en el cuadro sinóptico de la Figura 15-2 denominada "Casting" donde su manera es al vaciado de un contenedor el cual dará la forma y grosor según lo requiera, siendo este el método más idóneo.

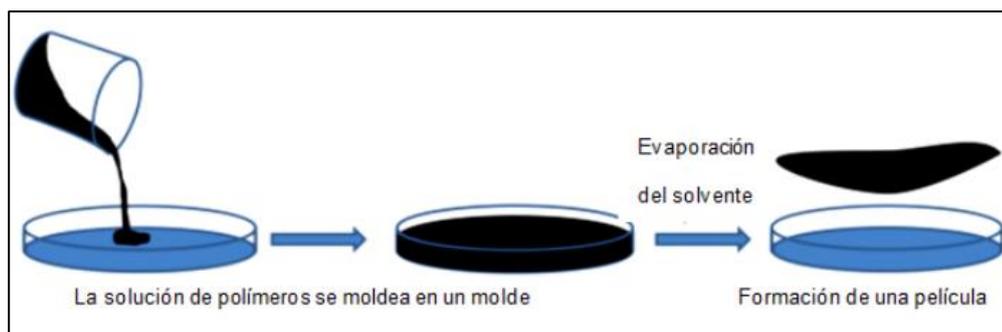


Figura 18-3: Método Casting

Fuente: Escobar J., 2020, p.27.

3.3.1.1. Formulaciones piloto – experimentación

Tabla 41-3: Formulaciones Piloto

Formulación	Agua (mL)	Ácido Acético (mL)	Almidón (gr)	Glicerina (mL)	Aceptación
Tratamiento Piloto 1	30	3	2,5	2	NO
Tratamiento Piloto 2	25	2,5	3	1	NO
Tratamiento Piloto 3	30	3	2	2,5	NO
Tratamiento Piloto 4	30	3	3	3	NO
Tratamiento Piloto 5	30	2	3	0,5	NO
Tratamiento Piloto 6	30	2,5	3	1	NO
Tratamiento Piloto 7	30	3	2	1	NO

Tratamiento Piloto 8	30	3	2,5	2	SI
Tratamiento Piloto 9	25	2,5	3	2	NO
Tratamiento Piloto 10	25	3	3	3	NO
Tratamiento Piloto	30	2,5	2,5	2	NO
Tratamiento Piloto 12	20	2,5	3	2	NO
Tratamiento Piloto 13	20	3	3	3	NO
Tratamiento Piloto 14	25	2	3	0,5	NO
Tratamiento Piloto 15	30	2,5	2,5	1	NO

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

De acuerdo con Gutiérrez. P. & Román V. (2008, p.25) el realizar el proceso piloto ayuda de manera significativa a tener una guía estable en cuanto a la base de investigación a realizar, aumentando conocimientos y mejorando el desempeño del diseño experimental presentado en la Figura 18-3, mediante las variables de la Tabla 17-3 dando como resultado 15 pruebas piloto o experimentales Tabla 41-3, en el cual se detalla las distintas formulaciones puestas a consideración con diferentes parámetros dando una aceptación positiva o no.

3.3.1.2. Características físicas de las pruebas piloto

Tabla 42-3: Características físicas de las pruebas piloto

Tratamiento	Facilidad de Moldeo	Forma Biopelículas	Estabilidad	Transparencia	Aceptación
Tratamiento piloto 1	SI	NO	NO	SI	NO
Tratamiento piloto 2	NO	SI	NO	SI	NO
Tratamiento piloto 3	SI	SI	NO	SI	NO

Tratamiento piloto 4	NO	NO	SI	SI	NO
Tratamiento piloto	NO	SI	SI	SI	NO
Tratamiento piloto 6	SI	SI	NO	SI	NO
Tratamiento piloto 7	SI	SI	NO	SI	NO
Tratamiento piloto 8	SI	SI	SI	SI	SI
Tratamiento piloto 9	NO	SI	NO	SI	NO
Tratamiento piloto 10	NO	SI	NO	SI	NO
Tratamiento piloto 11	SI	SI	NO	SI	NO
Tratamiento piloto 12	SI	SI	NO	SI	NO
Tratamiento piloto 13	SI	SI	NO	SI	NO
Tratamiento piloto 14	NO	SI	SI	SI	NO
Tratamiento piloto 15	NO	SI	NO	SI	NO

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

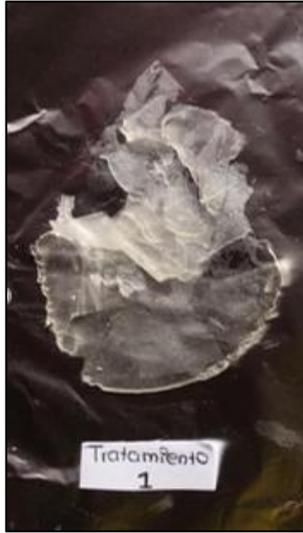


Figura 19-3: Tratamiento piloto 1

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.



Figura 20-3: Tratamiento piloto 2

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.



Figura 21-3: Tratamiento piloto 3

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.



Figura 22-3: Tratamiento piloto 4

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.



Figura 23-3: Tratamiento piloto 5

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.



Figura 24-3: Tratamiento piloto 6

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.



Figura 25-3: Tratamiento piloto 7

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.



Figura 26-3: Tratamiento piloto 8

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

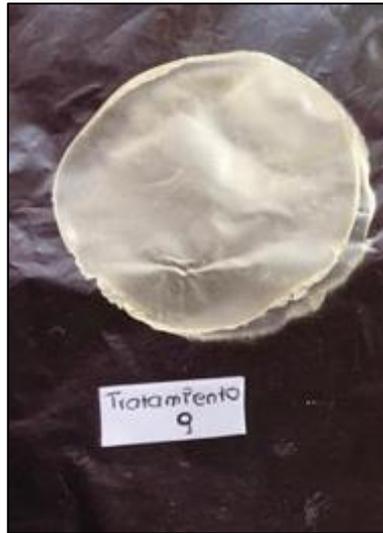


Figura 27-3: Tratamiento piloto 9

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.



Figura 28-3: Tratamiento piloto 10

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

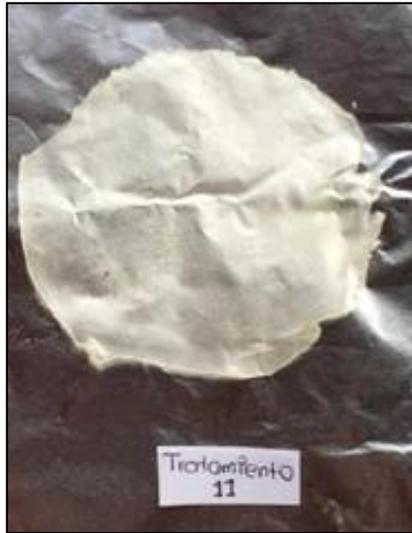


Figura 29-3: Tratamiento piloto 11

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.



Figura 30-3: Tratamiento piloto 12

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.



Figura 31-3: Tratamiento piloto 13

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

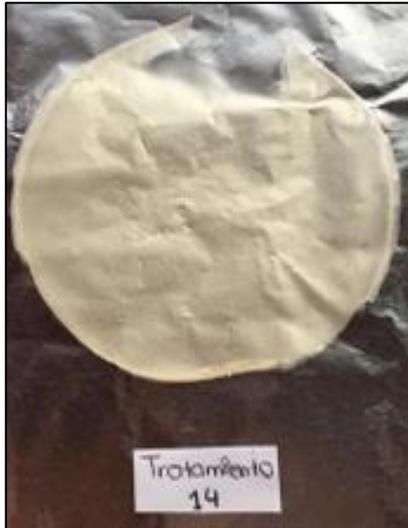


Figura 32-3: Tratamiento piloto 14

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.



Figura 33-3: Tratamiento piloto 15

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Las pruebas piloto que se han desarrollado con el objetivo de tener un análisis de prueba-error y de esta manera nos permitir observar cómo interactúan las variables involucradas, practicando de manera experimental definiendo y eligiendo el camino más idóneo evitando en lo posible algún problema o dificultad, teniendo un modelo adecuado del cual partir. Fueron 15 pruebas piloto como se fue detallando en la Tabla 41-3 y Tabla 42-3 donde debió a varias características específicas se tomó como preliminar el tratamiento piloto 8 (Monzón, D., 1992, p.10).

3.3.2. *Humedad de la biopelícula a partir del almidón de papa "Santa Isabel"*

3.3.2.1. *Datos obtenidos para la humedad a la biopelícula*

Tabla 43-3: Datos de la humedad de la biopelícula

No.	Tratamiento	Peso húmedo (gr)	Peso seco (gr)	Agua restante (gr)
1	A	0,102	0,087	0,015
2		0,103	0,088	0,015
3		0,105	0,086	0,019
4	B	0,104	0,089	0,015
5		0,102	0,088	0,014
6		0,103	0,087	0,016
7	C	0,102	0,09	0,012
8		0,103	0,089	0,014
9		0,104	0,091	0,013

10	D	0,102	0,093	0,009
11		0,104	0,092	0,012
12		0,107	0,093	0,014

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

3.3.2.2. Cálculo del porcentaje de humedad realizado a la biopelícula

A partir de la ecuación 11-2:

$$\% Hb = \frac{Pu - Pse}{Pu} \times 100$$

$$\% Hb = \frac{0,102 - 0,087}{0,102} \times 100$$

$$\% Hb = 14,706 \%$$

3.3.2.3. Resultados del porcentaje de humedad realizado a la biopelícula

Tabla 44-3: Resultados del porcentaje de humedad realizado a la biopelícula

No.	Tratamiento	Humedad	Humedad %
1	A	14,706	15,788
2		14,563	
3		18,095	
4	B	14,423	14,561
5		13,725	
6		15,534	
7	C	11,765	12,619
8		13,592	
9		12,500	
10	D	8,824	11,149
11		11,538	
12		13,084	
Promedio general			13,529 %

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

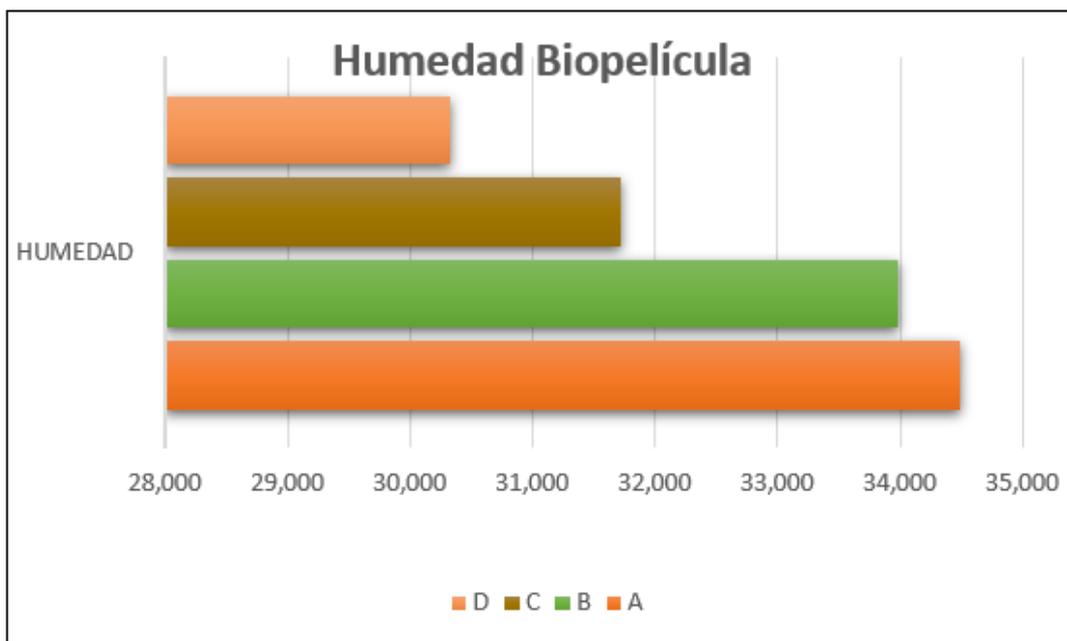


Gráfico 5-3: Resultados del porcentaje de humedad realizado a la biopelícula

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Para que la biopelícula sea idónea en el uso de recubrimiento de frutos y hortalizas su característica hidrofílica debe ser totalmente baja, es decir, se necesita que la biopelícula retarde la migración de agua (Trujillo, R., 2014, p.84), mediante los 4 tratamientos que se ha realizado se pudo observar que el porcentaje de humedad disminuye cuando el porcentaje de almidón de papa "Santa Isabel" usado como la principal material prima incrementa, por lo tanto es inversamente proporcional la humedad de la biopelícula con la cantidad de almidón que se adhiere (Alvarenga M., et al., 2018, p.63), otra observación que se pudo constatar es que el medio acetílico también ayuda a que la biopelícula a partir del almidón de la papa "Santa Isabel" sea menor esto se debe a que aumenta la característica hidrofóbica, aunque este es una constante en la mezcla pero es indispensable que se encuentre presente. Bien, en la Tabla 44-3 y en el Gráfico 5-3 luego de realizar por triplicado el ensayo de humedad en cada tratamiento de obtención de biopelícula A, B, C y D se tuvo una humedad de: 15,788%; 14,561%; 12,619%; 11,149% respectivamente con un promedio total de 13,529 % y de acuerdo a Trujillo, R. (2014, p.85) esta una humedad idónea para que la biopelícula cumpla con el requerimiento de calidad debido a que estos ayudarían de manera significativa a mejorar los productos que son evaluados evitando la transpiración de los mismos.

3.3.3. Solubilidad de la biopelícula a partir del almidón de papa "Santa Isabel"

3.3.3.1. Datos obtenidos para la solubilidad de la biopelícula

Tabla 45-3: Datos obtenidos para el porcentaje de solubilidad de la biopelícula

No.	Tratamiento	Peso inicial seco (Pis en gramos)	Peso final seco (Pfs en gramos)
1	A	0,112	0,087
2		0,113	0,085
3		0,114	0,085
4	B	0,111	0,085
5		0,113	0,085
6		0,112	0,084
7	C	0,112	0,083
8		0,112	0,083
9		0,113	0,084
10	D	0,116	0,084
11		0,114	0,084
12		0,115	0,085

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

3.3.3.2. Cálculos para la solubilidad de la biopelícula

A partir de la Ecuación 12-2:

$$\%Sb = \frac{Pis - Pfs}{Pis} \times 100$$

$$\%Sb = \frac{0,112 - 0,087}{0,112} \times 100$$

$$\%Sb = 22,500 \%$$

3.3.3.3. Resultados de la solubilidad obtenidos de la biopelícula

Tabla 46-3: Resultados de la solubilidad obtenidos de la biopelícula

No.	Tratamiento	Solubilidad (%)	Promedio
1	A	22,500	24,239
2		24,779	
3		25,439	
4	B	23,423	24,401
5		24,779	
6		25,000	
7	C	25,893	25,816
8		25,893	
9		25,664	
10	D	27,586	26,663
11		26,316	
12		26,087	
Promedio			25,280

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

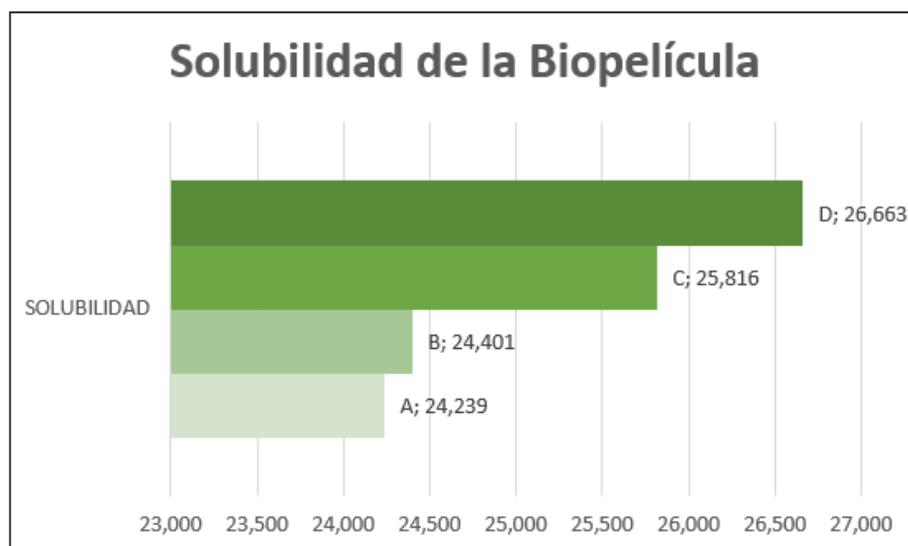


Gráfico 6-3: Solubilidad de la biopelícula a partir del almidón de la papa "Santa Isabel"

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

La capacidad de que la biopelícula a partir del almidón de la papa "Santa Isabel" sea soluble es totalmente indispensable ya que, esta característica es para determinar si es o no biodegradable de manera natural en el ambiente con un tiempo adecuado, bien, de acuerdo al ensayo realizado

por triplicado en los tratamientos de la biopelícula A, B, C y D fueron de 24,239%; 24,401%; 25,816% y 26,663% respectivamente se pudo notar que a mayor porcentaje de almidón, mayor es la solubilidad que posee y comparando con la Investigación de Trujillo, R. (2014, p.86) se obtuvieron valores semejantes arrojando que la Biopelícula es viable para disolverse en agua ya que son biopelículas hidrofílicas (Alvarenga M., 2018, p.65).

3.3.4. *Espesor de la biopelícula a partir de almidón de la papa "Santa Isabel"*

3.3.4.1. *Espesor de las biopelículas a partir del almidón*

Tabla 47-3: Espesor de las biopelículas a partir de almidón de papa "Santa Isabel"

No.	Tratamientos	Variable	Repetición	T °C	Tiempo de elaboración	Secado				Peso (g)	Espesor (mm)	Promedio
						Lugar	Método	T °C	Tiempo (h)			
1	A	CAb : Cga	R1	69	5	Laboratorio de Investigación	Secado Natural	25	48	0,091	0,18	0,1775 mm
2			R2		5					0,109	0,16	
3			R3		5					0,105	0,19	
4			R4		5					0,106	0,2	
5	B	CAb : CGb	R1		5					0,104	0,2	0,1775 mm
6			R2		5					0,101	0,17	
7			R3		5					0,102	0,16	
8			R4		5					0,105	0,18	
9	C	CAa : CGb	R1		5					0,102	0,19	0,1825 mm
10			R2		5					0,104	0,2	
11			R3		5					0,105	0,16	
12			R4		5					0,103	0,18	
13	D	CAa : Cga	R1		5					0,102	0,18	0,1925 mm
14			R2		5					0,107	0,19	
15			R3		5					0,105	0,2	
16			R4		5					0,105	0,2	

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Según Escobar J. (2020, p.24) en su proyecto de investigación el espesor de las biopelículas tiene que ver directamente respecto a la permeabilidad que esta tendrá, por lo tanto con la transpiración de la misma, ya que, el espesor va a determinar el paso de humedad, vapor y demás del medio hacia el alimento que se encuentra embalado con la biopelícula y lo que se requiere es que permanezca en lo mayor posible alargando su vida útil y calidad. No solo es importante por la permeabilidad sino porque debe tener un máximo de 0,2 mm (NTE INEN 3124, 2017, p.4) ya que, se incrementa la resistencia cuando mayor sea el espesor pero no debe pasar con la dimensión dicha y a la vez contar con los ensayos mecánicos estables como su flexibilidad, resistencia mecánica. Bien, como se puede observar en la Tabla 47-3 en los tratamientos A, B, C y D espesores promedio de: 0,1775 mm; 0,1775 mm; 0,1825 mm; 0,1925 mm respectivamente, valores idóneos dentro de lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 3124.

Tabla 48-3: Análisis de varianza

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	0,000225	1	0,000225	0,931034483	0,35363758	4,747225347	
Columnas	0,000225	1	0,000225	0,931034483	0,35363758	4,747225347	
Interacción	2,5E-05	1	2,5E-05	0,103448276	0,75326356	4,747225347	
Dentro del grupo	0,0029	12	0,000241667				
Total	0,003375	15					

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

De acuerdo con Gutierrez, H. (2016, p.177) el error máximo permitido es de 0,05 por lo cual, la probabilidad encontrada es de 0,75322656 la cual se compara con este y se puede denotar que la probabilidad es mayor que el error, confirmando que no existe diferencia significativa dentro del espesor de la formulación y caracterización de la biopelícula a partir del almidón de papa "Santa Isabel" donde sus variables son: concentración de almidón y concentración de glicerina.



Figura 34-3: Tratamiento A biopelícula

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.



Figura 35-3: Tratamiento B biopelícula

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.



Figura 36-3: Tratamiento C biopelícula

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.



Figura 37-3: Tratamiento D biopelícula

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

3.3.5. Permeabilidad al vapor de agua

3.3.5.1. Datos de permeabilidad al vapor de agua

Tabla 49-3: Peso ganado del desecante

Tiempo (horas)	TRATAMIENTO PESO GANADO DEL DESECANTE (Q en gramos)															
	A				B				C				D			
	R1	R2	R3	P	R1	R2	R3	P	R1	R2	R3	P	R1	R2	R3	P
1	29,635	29,712	29,643	29,663	30,189	30,223	30,301	30,238	30,421	30,327	30,420	30,389	30,543	31,927	31,583	31,351
	29,635	29,412	29,643	29,563	30,189	30,223	30,301	30,238	30,421	30,327	30,420	30,389	30,543	31,927	31,583	31,351
2	29,635	29,412	29,643	29,563	30,189	30,223	30,301	30,238	30,421	30,327	30,420	30,389	30,543	31,927	31,583	31,351
	29,637	29,417	29,647	29,567	30,194	30,229	30,308	30,244	30,426	30,331	30,424	30,394	30,549	31,931	31,586	31,355
3	29,637	29,417	25,647	28,234	30,194	30,229	30,308	30,244	30,426	30,331	30,424	30,394	30,549	31,931	31,586	31,355
	29,638	29,422	29,651	29,570	30,199	30,234	30,313	30,249	30,431	30,337	30,428	30,399	30,553	31,937	31,589	31,360
4	29,638	29,422	29,651	29,570	30,199	30,234	30,313	30,249	30,431	30,337	30,428	30,399	30,553	31,937	31,589	31,360
	29,639	29,427	29,656	29,574	30,201	30,238	30,317	30,252	30,434	30,342	30,432	30,403	30,559	31,941	31,590	31,363
5	29,639	29,427	29,656	29,574	30,201	30,238	30,317	30,252	30,434	30,342	30,432	30,403	30,559	31,941	31,590	31,363
	29,645	29,434	29,661	29,580	30,207	30,241	30,319	30,256	30,437	30,345	30,434	30,405	30,561	31,947	31,593	31,367
6	29,645	29,434	29,661	29,580	30,207	30,241	30,319	30,256	30,437	30,345	30,434	30,405	30,561	31,947	31,593	31,367
	29,650	29,741	29,664	29,685	30,212	30,245	30,321	30,259	30,441	30,347	30,438	30,409	30,564	31,948	31,595	31,369

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Tabla 50-3: Área de la biopelícula

	ÁREA (m)			
	A	B	C	D
R1	0,000212	0,000212	0,000212	0,000212
R2	0,000209	0,000210	0,000212	0,000212
R3	0,000206	0,000208	0,000212	0,000212
Promedio	0,000209	0,000210	0,000212	0,000212

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Tabla 51-3: Espesor de las biopelículas en metros

	A	B	C	D
Espesor (m)	0,0001775	0,0001775	0,0001825	0,0001925

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

3.3.5.2. Cálculos para permeabilidad del vapor de agua

- Tasa de transmisión de vapor de agua

A partir de la Ecuación 11-2:

$$WVRT = \frac{\left(\frac{Q}{h}\right)}{A} \text{ en } \left(\frac{g}{hxm xm}\right)$$

$$WVRT = \frac{\left(\frac{(29,635 - 29,650)g}{6 h}\right)}{0,000209} \text{ en } \left(\frac{g}{hxm xm}\right)$$

$$WVRT = 11,960532 \frac{g}{hxm xm}$$

- Transmisión de vapor de agua

A partir de la Ecuación 12-2:

$$WVP = \frac{WVRTxz}{S(HR2 - HR1)} \text{ en } \frac{g}{h \times m \times MPA}$$

$$WVP = \frac{11,960532 \times 0,0001775}{0,00239 \times (75 - 0)} \text{ en } \frac{g}{h \times m \times MPA}$$

$$WVP = 0,01709335 \frac{g}{h \times m \times MPA}$$

3.3.5.3. Resultados de permeabilidad al vapor de agua

- Tasa de transmisión de vapor

Tabla 52-3: Tasa de transmisión de vapor

Tasa de transmisión de vapor (WVTR en g/hxm2)				
A	0,002500	0,004833	0,003500	0,003611
	11,960532	23,123695	16,744745	17,276324
B	0,003833	0,003667	0,003333	0,003611
	18,279935	17,485155	15,895596	17,220229
C	0,003333	0,003333	0,003000	0,003222
	15,741334	15,741334	14,167201	15,216623
D	0,003500	0,003500	0,002000	0,003000
	16,528401	16,528401	9,444801	14,167201

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

- Transmisión de vapor de agua

Tabla 53-3: Transmisión de vapor de agua

Transmisión de vapor de agua (WVP en g/h*Mpa*m)				
A	B	C	D	Promedio
0,01709335	0,01703785	0,015479564	0,01520171	0,016203119

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Tras el éxito que se ha ido teniendo en la elaboración de las biopelículas y su posterior caracterización con los ensayos pasados influyendo directamente con la permeabilidad de vapor de agua la cual fue baja siendo esta idónea ya que, esto indica una correcta barrera, disminuyendo de manera drástica el intercambio gaseoso excesivo del medio ambiente y el medio interno donde se encuentra el alimento como se puede observar en la Tabla 53-3 con un promedio de 0,016203119 g/h*Mpa*m (Palma, R., et al., 2017, p.4). Bien, lo que se quiere lograr es una estabilidad para así ofrecer una inocuidad y calidad en el embalaje de los alimentos y se debe encontrar un equilibrio en cuanto al carácter hidrófilo de cada biopelícula y sus ensayos físicos para su posterior industrialización con una degradación totalmente efectivo (Alvarenga M., et al., 2018, p.42), una mejora

para lo mencionado es la combinación con polímeros menos hidrofílicos (Sakee, U., 2014, p.20).

3.3.6. *Ensayo de tracción*

Tabla 54-3: Ensayos de tracción

No.	Tratamiento	Módulo elasticidad (mPA)	Carga de fluencia (n)	Esfuerzo de fluencia (mPA)	Carga máxima (n)	Esfuerzo máximo (mPA)	Elongación (%)
1	A	5,55E+00	1,4	1,4	3,51	1,66	53,54
2	B	4,98E+00	2,99	1,45	4,08	1,98	65,61
3	C	1,02E+01	3,62	1,75	6,58	3,19	55,66
4	D	1,41E+01	2,32	1,28	4,54	2,51	40,64

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

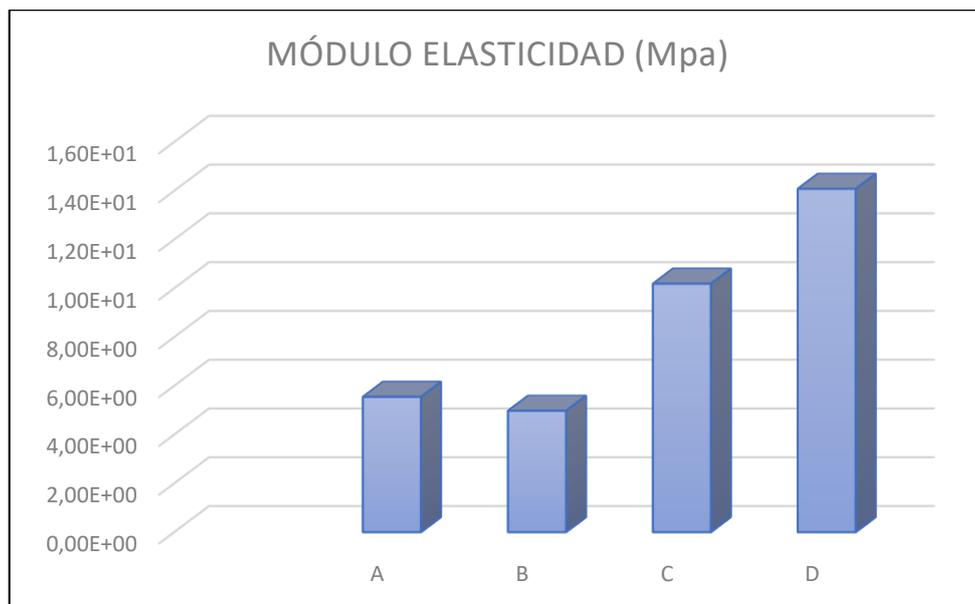


Gráfico 7-3: Módulo de elasticidad

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

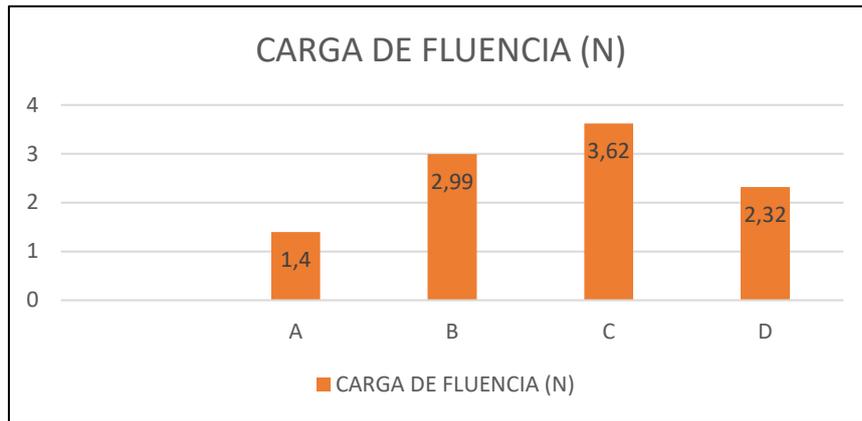


Gráfico 8-3: Carga de fluencia

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

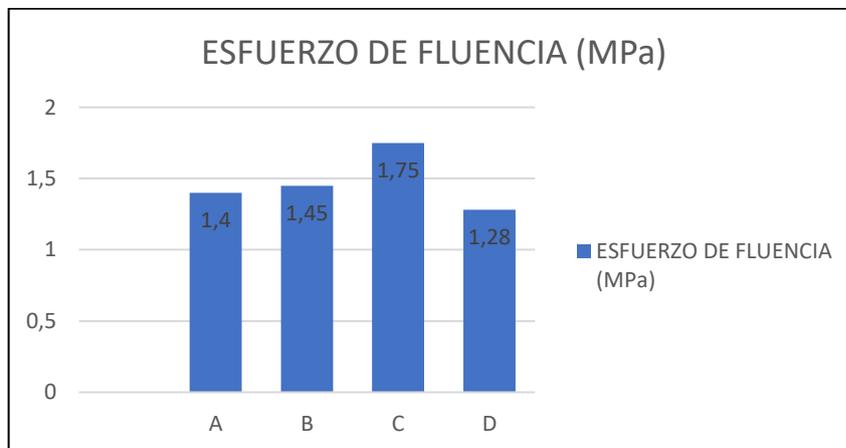


Gráfico 9-3: Esfuerzo de fluencia

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

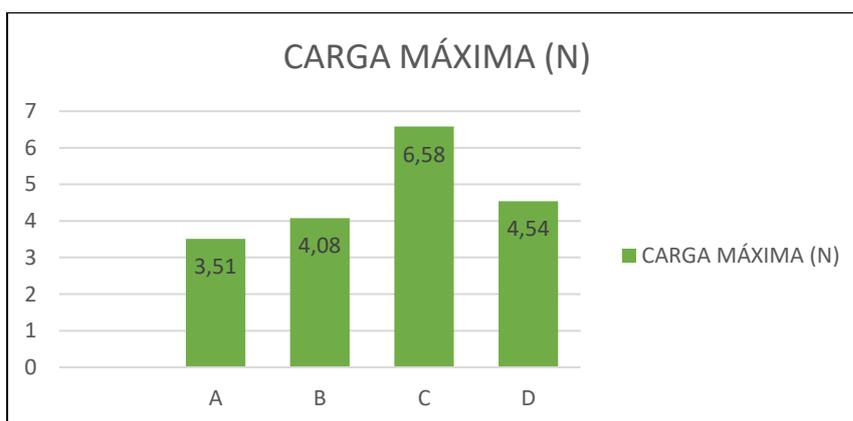


Gráfico 10-3: Carga máxima

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

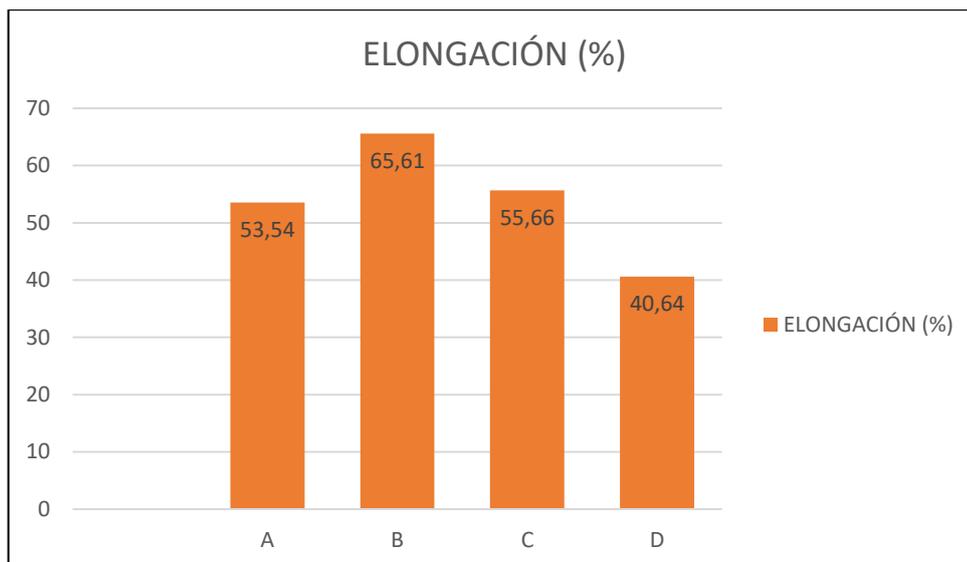


Gráfico 11-3: Elongación

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Una de las funciones principales de los bioplásticos es contemplar con la flexibilidad y elasticidad para así esta incorporar en los alimentos, bien cómo se puede observar en la Tabla 54-3 y Gráfica7-3 la biopelícula D posee un módulo de elasticidad de $2,46E+02$ Mpa siendo el que mejor característica posee.

Se puede decir que, mientras mayor porcentaje de humedad posea la biopelícula a partir de almidón de papa "Santa Isabel" menor es el módulo de elasticidad de la biopelícula por lo tanto, en el tratamiento A con una humedad promedio de 15,788 % y módulo de elasticidad de $1,88E+01$ Mpa en comparación del tratamiento D con una humedad y módulo de elasticidad de: 11,149 %; $2,73E+02$ Mpa respectivamente, reafirmando la correlación que se menciona; una relación inversamente proporcional es el plastificante con el módulo de elasticidad y como se puede observar en la Tabla 54-3 dado por satisfactorio (Zapata, C., 2019, p.16). Ahora bien, cuando la resistencia a la tracción y módulo de elasticidad bajan la elongación aumenta esto debido al aumento de plastificante, totalmente independiente del porcentaje de almidón que se obtiene (NTE INEN 2 542, 2010, p.8).

3.3.7. Biodegradabilidad

3.3.7.1. Datos de biodegradabilidad en agua en IMAGEJ

Tabla 55-3: Primera dimensión _biodegradabilidad en agua

Biodegradabilidad en agua									
Primera dimensión									
Fecha	1/2/2021								
A		Área	Mean	Min	Max	Angle	Length		
	R1	3.031	149.365	127.290	202.609	-1.660	25.000	largo	
		3.425	146.589	110.667	195.333	-90.000	28.249	ancho	
	R2	2.990	147.137	91.667	179.000	0.000	25.000	largo	
		2.990	149.295	130.333	179.667	-90.000	25.000	ancho	
	R3	3.075	131.290	77.667	168.667	0.000	25.714	largo	
		3.075	134.759	62.583	156.958	-92.386	25.737	ancho	
	R4	3.075	131.517	30.083	194.000	-2.386	25.737	largo	
		2.863	129.849	103.622	153.786	-90.855	23.931	ancho	
	B	R1	2.459	180.233	46.620	209.333	-1.348	25.000	largo
			2.430	184.222	123.571	247.000	-90.682	24.701	ancho
		R2	2.200	146.709	96.904	177.368	-1.507	22.354	largo
2.344			155.664	104.461	192.444	-91.414	23.824	ancho	
R3		2.085	132.156	116.000	191.120	-0.796	21.173	largo	
		2.171	123.614	115.480	140.053	-90.764	22.055	ancho	
R4		2.257	132.871	53.667	166.667	0.000	22.935	largo	
		2.142	129.522	83.685	158.667	-91.548	21.767	ancho	
C		R1	2.748	163.617	58.024	209.122	2.793	25.980	largo
			2.715	166.245	84.942	204.346	-90.707	25.635	ancho
		R2	2.515	166.097	49.707	196.000	1.528	23.743	largo
			2.682	163.082	113.333	214.333	-90.000	25.316	ancho
	R3	2.548	126.283	69.333	178.263	-1.507	24.059	largo	
		2.492	128.346	104.007	155.206	-93.865	23.471	ancho	
	R4	2.615	126.007	41.667	162.923	1.469	24.692	largo	
		2.682	132.422	54.333	164.000	-90.000	25.316	ancho	
	D	R1	2.988	174.444	36.600	201.914	1.637	25.000	largo
			3.030	166.988	91.446	223.667	-88.386	25.357	ancho
		R2	2.903	171.086	64.990	250.333	2.526	24.299	largo

		2.790	166.305	148.684	180.554	-83.853	23.339	ancho
	R3	2.988	132.800	47.333	189.667	-2.454	25.013	largo
		2.818	129.825	77.121	151.727	-89.132	23.565	ancho
	R4	2.733	128.327	111.375	199.667	-1.790	22.859	largo
		2.648	120.539	107.355	136.661	-92.770	22.160	ancho

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Tabla 56-3: Promedio primera dimensión _biodegradabilidad en agua

Biodegradabilidad en agua			
Primera dimensión			
Tratamiento	Largo promedio	Ancho promedio	Promedio
A	25.363	25.729	25.546
B	22.866	23.087	22.976
C	24.619	24.935	24.777
D	24.293	23.605	23.949

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Tabla 57-3: Segunda dimensión _biodegradabilidad en agua

Biodegradabilidad en agua								
Segunda dimensión								
Fecha	15/2/2021							
	Área	Mean	Min	Max	Angle	Length		
A	R1	0.392	137.177	112.930	188.553	-1.507	7.700	largo
		0.439	156.116	130.475	197.302	-87.979	8.614	ancho
	R2	0.328	153.661	141.961	169.154	5.440	6.409	largo
		0.300	143.624	111.908	159.690	-87.039	5.882	ancho
	R3	0.300	176.017	148.667	200.667	0.000	5.874	largo
		0.377	173.131	135.945	207.329	-93.918	7.411	ancho
R4	0.323	169.667	144.190	210.760	8.259	6.345	largo	
	0.185	153.413	123.667	199.676	-80.272	3.596	ancho	
B	R1	0.337	169.427	101.333	201.441	2.322	7.041	largo
		0.228	177.360	149.667	197.667	-90.000	4.753	ancho
	R2	0.242	183.307	99.742	215.792	2.161	5.042	largo
		0.251	172.369	156.000	189.824	-87.917	5.232	ancho
	R3	0.228	182.203	153.613	205.467	3.434	4.762	largo
		0.165	176.007	120.000	208.167	-85.236	3.434	ancho

	R4	0.368	177.340	127.630	221.749	0.707	7.701	largo
		0.330	180.220	131.678	221.123	-82.875	6.898	ancho
C	R1	0.273	138.882	83.161	172.525	21.571	5.014	largo
		0.347	148.166	98.153	206.937	-82.147	6.350	ancho
	R2	0.373	142.914	86.444	182.143	-1.818	6.836	largo
		0.235	145.958	125.000	180.633	-100.176	4.297	ancho
	R3	0.482	149.992	106.250	177.050	10.620	8.827	largo
		0.344	165.502	135.775	190.839	-71.878	6.276	ancho
	R4	0.344	165.670	139.667	191.667	0.000	6.290	largo
		0.303	150.697	125.784	183.333	-92.246	5.535	ancho
D	R1	0.438	179.227	129.667	213.696	-7.253	6.930	largo
		0.324	173.311	102.000	209.024	-84.428	5.149	ancho
	R2	0.535	163.115	112.088	216.784	1.685	8.504	largo
		0.531	176.833	143.399	207.078	-95.964	8.421	ancho
	R3	0.457	182.584	121.322	200.667	-3.945	7.267	largo
		0.355	162.927	138.844	184.000	-91.273	5.626	ancho
	R4	0.434	187.883	144.000	223.588	15.803	6.885	largo
		0.465	193.571	115.333	227.333	-90.971	7.376	ancho

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Tabla 58-3: Promedio Segunda Dimensión _Biodegradabilidad en Agua

Biodegradabilidad en agua			
Segunda dimensión			
Tratamiento	Largo promedio	Ancho promedio	Promedio
A	6.582	6.376	6.479
B	4.254	5.079	4.667
C	6.742	5.615	6.178
D	7.397	6.643	7.020

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

3.3.7.2. Cálculos de biodegradabilidad en agua

A partir de la Ecuación 13-3:

$$\%BA = \frac{D1 - D2}{D1} \times 100$$

$$\%BA = \frac{25.546 - 6.479}{25.546} \times 100$$

$$\%BA = 74,64 \%$$

3.3.7.3. Resultados de biodegradabilidad en agua en IMAGEJ

Tabla 59-3: Biodegradabilidad en agua

Biodegradabilidad en agua	
Tratamiento	Porcentaje
A	74,64
B	79,69
C	75,06
D	70,69
TOTAL	75,02%

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

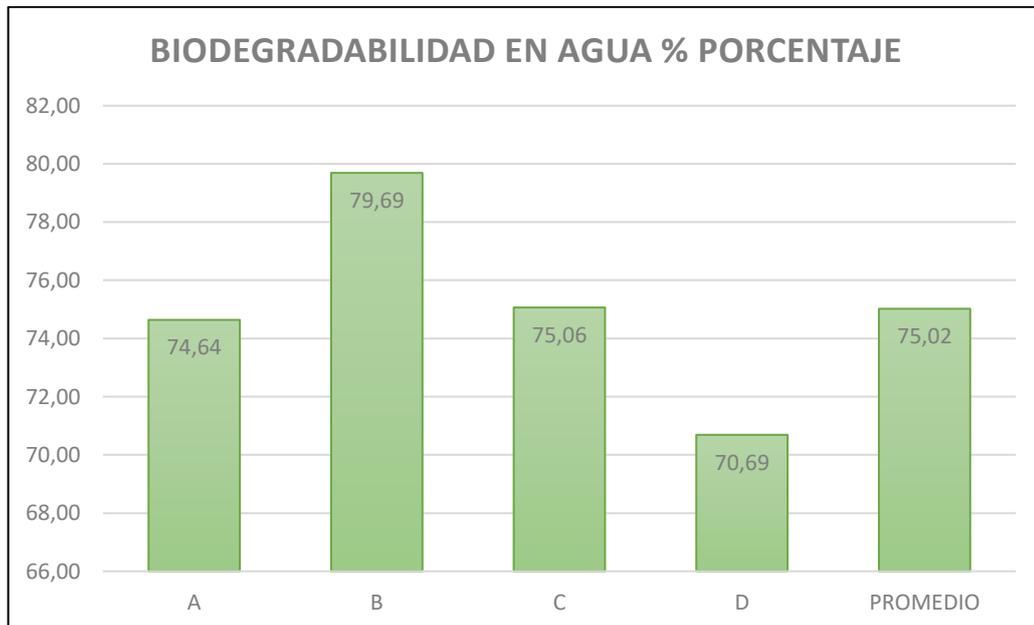


Gráfico 12-3: Biodegradabilidad en agua

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Según Vidal, D. (2000, p.70) en su investigación está es una biodegradabilidad final de la biopelícula en medio acuoso y de acuerdo a NTE INEN ISO 14855-1 (2014, p.23) en donde su biomasa debe ser disminuida el 90% en un lapso de máximo 60 días, se puede observar en los ensayos y cálculos que se ha desarrollado a lo largo de 15 días y tomando sus datos mediante el programa IMAGEJ

Tabla 59-3 Y Gráfico 8-3 una biodegradabilidad del 75,02% siendo este un valor absolutamente favorable, es decir, que si este bioplástico por cualquier circunstancia luego de su uso llega a aun rio este por un lapso de 60 días como está estipulado en la en la Norma se biodegradará aún más del 90%.

3.3.7.4. Datos de biodegradabilidad en agua en IMAGEJ

Tabla 60-3: Primera dimensión _ biodegradabilidad en aire

Biodegradabilidad en aire									
Primera dimensión									
Fecha	1/2/2021								
	Área	Mean	Min	Max	Angle	Length			
A	R1	3.685	155.391	120.059	197.941	-3.366	25.000	largo	
		3.815	163.699	105.667	209.333	-90.000	25.838	ancho	
	R2	3.685	165.405	81.278	228.667	-1.348	24.964	largo	
		3.728	173.223	130.930	196.628	-91.998	25.266	ancho	
	R3	3.728	152.257	88.667	181.194	-1.998	25.266	largo	
		3.685	151.650	70.216	198.941	-91.348	24.964	ancho	
	R4	3.556	159.397	134.000	249.333	1.397	24.083	largo	
		3.448	146.693	108.667	167.825	-84.218	23.314	ancho	
B	R1	3.739	150.891	47.879	192.591	2.603	25.608	largo	
		3.528	158.878	124.052	186.606	-87.930	24.144	ancho	
	R2	3.655	179.013	129.000	216.333	1.332	25.007	largo	
		3.486	187.578	154.549	235.000	-90.699	23.839	ancho	
	R3	3.697	166.263	88.667	191.080	2.632	25.317	largo	
		3.528	173.712	133.333	215.257	-87.930	24.144	ancho	
	R4	3.401	153.379	106.000	185.667	0.000	23.256	largo	
		3.782	156.439	115.798	196.213	-86.143	25.931	ancho	
C	R1	3.452	147.761	43.000	194.505	-1.232	25.276	largo	
		3.341	157.332	125.600	191.000	-88.727	24.461	ancho	
	R2	3.378	175.601	83.667	217.267	-3.145	24.764	largo	
		3.230	170.701	114.333	196.000	-93.945	23.696	ancho	
	R3	3.267	168.626	90.898	211.644	1.953	23.926	largo	
		3.009	170.364	132.099	239.000	-90.707	22.011	ancho	
	R4	3.009	162.522	99.667	197.667	3.532	22.051	largo	
		3.304	160.904	106.333	197.794	-90.644	24.185	ancho	

D	R1	3.453	169.455	83.000	201.000	0.000	25.000	largo
		3.528	169.156	128.939	193.495	-90.616	25.551	ancho
	R2	3.340	158.531	105.000	174.667	-0.651	24.177	largo
		3.151	156.359	124.333	188.000	-89.310	22.804	ancho
	R3	3.170	147.309	86.000	168.541	4.821	22.883	largo
		3.340	142.332	114.000	181.178	-88.047	24.190	ancho
	R4	3.377	172.199	136.667	201.667	0.000	24.451	largo
		3.151	165.469	142.104	209.309	-88.620	22.809	ancho

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Tabla 61-3: Promedio primera dimensión _ biodegradabilidad en aire

Biodegradabilidad en aire			
Primera dimensión			
Tratamiento	Largo promedio	Ancho promedio	Promedio
A	24.828	24.846	24.837
B	24.797	24.515	24.656
C	24.004	23.588	23.796
D	24.128	23.839	23.983

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Tabla 62-3: Segunda dimensión _ biodegradabilidad en aire

Biodegradabilidad en aire								
Segunda dimensión								
Fecha	15/2/2021							
	Área	Mean	Min	Max	Angle	Length		
A	R1	2.773	152.280	120.933	179.050	0.716	21.000	largo
		2.928	154.003	130.841	190.564	-83.211	22.204	ancho
	R2	2.601	150.269	87.667	189.000	0.000	19.686	largo
		3.049	149.625	130.333	172.333	-90.000	23.098	ancho
	R3	2.807	164.131	123.000	193.012	-0.707	21.262	largo
		2.911	162.886	139.000	190.000	-90.000	22.048	ancho
	R4	2.601	151.264	105.333	187.933	-4.574	19.749	largo
		2.325	151.800	129.751	179.662	-92.564	17.604	ancho
B	R1	2.545	159.111	142.093	209.652	-85.073	21.000	largo
		2.689	159.392	137.643	186.173	8.393	22.243	ancho
	R2	2.660	169.286	137.336	201.667	-81.206	22.023	largo

		2.747	162.873	121.984	227.095	3.935	22.780	ancho	
	R3	2.371	165.296	149.602	188.914	-85.061	19.552	largo	
		2.689	160.145	142.328	193.333	1.239	22.250	ancho	
	R4	2.256	163.467	135.230	191.103	-87.045	18.663	largo	
		2.545	165.046	152.541	191.284	-2.944	21.070	ancho	
C	R1	2.770	170.377	134.000	199.000	0.000	23.000	largo	
		3.028	163.535	130.902	203.952	-90.546	25.157	ancho	
	R2	2.727	161.753	100.000	199.216	5.469	22.624	largo	
		2.856	166.221	136.000	194.818	-88.843	23.724	ancho	
	R3	2.511	165.539	101.023	208.793	-2.632	20.866	largo	
		2.425	158.404	130.333	182.333	-90.000	20.125	ancho	
	R4	2.798	157.538	120.168	208.454	3.540	23.284	largo	
		2.196	145.033	128.333	161.333	-90.000	18.208	ancho	
	D	R1	2.841	141.763	106.146	190.667	2.793	21.544	largo
			2.686	130.689	106.043	152.000	-84.806	20.290	ancho
R2		3.047	150.513	105.034	185.930	15.141	23.108	largo	
		2.410	146.298	126.014	170.052	-83.387	18.228	ancho	
R3		2.978	162.374	139.403	189.853	-0.666	22.569	largo	
		2.600	143.857	112.653	169.000	-89.236	19.683	ancho	
R4		3.013	160.704	138.092	182.330	1.317	22.836	largo	
		2.737	143.089	125.692	178.076	-90.725	20.733	ancho	

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Tabla 63-3: Promedio segunda dimensión _ biodegradabilidad en aire

Biodegradabilidad en aire			
Segunda dimensión			
Tratamiento	Largo promedio	Ancho promedio	Promedio
A	20.424	21.239	20.831
B	20.310	22.086	21.198
C	22.444	21.804	22.124
D	22.514	19.734	21.124

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

3.3.7.5. Cálculos de biodegradabilidad en aire

A partir de la Ecuación 13-3:

$$\%BAi = \frac{D1 - D2}{D1} \times 100$$

$$\%BAi = \frac{24.837 - 20.831}{24.837} \times 100$$

$$\%BAi = 16,127\%$$

3.3.7.6. Resultados de biodegradabilidad en aire en IMAGEJ

Tabla 64-3: Biodegradabilidad en aire

Biodegradabilidad en aire	
Tratamiento	Porcentaje
A	16,127
B	14,026
C	7,029
D	11,922
Total	16,127

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

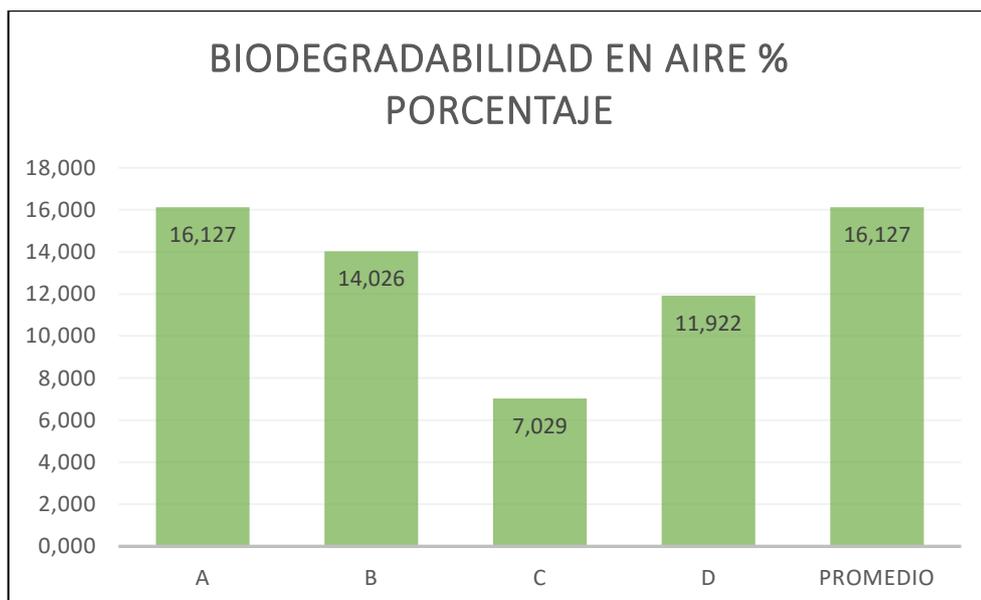


Gráfico 13-3: Biodegradabilidad en aire

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

De acuerdo a la norma ASTM D5488-94, se puede decir que la biodegradabilidad es aquella acción de descomponerse en componentes orgánicos, metano, carbono, agua o biomasa por acción de microorganismos, bien, según Toala, M., & Sarmiento, V. (2019, p.14) este bioplástico constituye una oportunidad para erradicar la contaminación de plásticos a nivel mundial teniendo un impacto oportuno, en la Tabla 64-3 y Gráfico 9-3 se informa una biodegradabilidad de 16,127% en 15 días lo cual es totalmente revolucionario ya que, los microorganismos del medio ayudaron a que esto sea posible gracias a que las biopelículas provienen de materiales orgánicos.

3.3.7.7. Datos de biodegradabilidad en compostaje en IMAGEJ

Tabla 65-3: Primera dimensión _ biodegradabilidad en compostaje

Biodegradabilidad en compostaje								
Primera dimensión								
Fecha	1/2/2021							
	Área	Mean	Min	Max	Angle	Length		
A	R1	4.369	110.045	72.417	133.958	1.193	25.000	largo
		4.549	105.417	79.667	132.333	-91.146	26.041	ancho
	R2	4.640	136.143	48.255	165.255	-1.123	26.562	largo
		4.640	153.145	130.333	191.000	-90.000	26.557	ancho
	R3	4.820	151.149	75.075	216.151	1.081	27.603	largo
		4.640	146.341	97.843	202.412	-88.877	26.562	ancho
	R4	4.640	163.591	107.882	207.863	3.366	26.603	largo
		5.001	169.017	70.570	206.333	-91.042	28.644	ancho
B	R1	2.706	68.880	38.870	88.433	3.715	25.000	largo
		2.846	66.375	47.444	82.630	-87.879	26.261	ancho
	R2	2.811	131.573	58.938	168.433	0.716	25.921	largo
		2.706	132.861	58.000	199.000	-90.000	24.947	ancho
	R3	2.566	173.310	118.826	236.913	2.353	23.671	largo
		2.741	171.374	125.000	201.333	-90.000	25.271	ancho
	R4	2.776	165.017	95.987	232.692	0.725	25.597	largo
		2.671	162.287	113.333	211.000	-87.739	24.643	ancho
C	R1	2.828	86.980	24.287	109.652	-3.865	25.000	largo
		3.005	83.167	58.333	109.333	-90.725	26.631	ancho
	R2	2.588	133.747	76.667	154.716	-0.843	22.923	largo
		2.929	131.148	77.506	153.619	-92.974	25.989	ancho
	R3	2.588	213.094	160.333	242.667	0.000	22.921	largo

		2.702	198.862	125.441	223.469	-91.614	23.941	ancho
	R4	2.739	209.811	97.194	231.000	-1.591	24.278	largo
		2.474	206.471	157.133	243.333	-92.643	21.933	ancho
D	R1	3.269	138.070	116.000	221.667	4.467	25.000	largo
		3.556	147.099	127.333	222.200	-87.546	27.286	ancho
	R2	3.151	174.863	61.441	192.452	-3.691	24.195	largo
		3.455	187.024	146.667	213.333	-90.000	26.482	ancho
	R3	3.455	171.870	79.466	198.382	-0.843	26.485	largo
		3.522	165.108	67.333	198.552	85.855	26.942	ancho
	R4	3.455	177.793	72.010	234.647	-2.526	26.508	largo
		3.303	172.164	121.333	199.462	89.119	25.316	ancho

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Tabla 66-3: Promedio primera dimensión _ biodegradabilidad en compostaje

Biodegradabilidad en compostaje			
Primera dimensión			
Tratamiento	Largo promedio	Ancho promedio	Promedio
A	26.442	26.951	26.697
B	24.966	25.281	25.123
C	23.781	24.624	24.202
D	25.547	26.507	26.027

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Tabla 67-3: Segunda dimensión _ biodegradabilidad en compostaje

Biodegradabilidad en compostaje								
Segunda dimensión								
Fecha	15/2/2021							
	Área	Mean	Min	Max	Angle	Length		
A	R1	2.400	112.579	23.000	160.000	0.000	18.000	largo
		2.330	137.709	37.333	193.000	-90.000	17.471	ancho
	R2	2.768	129.242	66.309	187.595	7.306	20.816	largo
		2.032	145.589	82.567	197.970	-77.905	15.160	ancho
	R3	2.680	146.451	103.000	195.181	9.090	20.105	largo
		2.347	119.788	92.001	154.753	-77.845	17.600	ancho
	R4	2.768	129.571	81.698	170.998	7.306	20.816	largo
		2.207	133.424	55.715	161.393	-97.352	16.548	ancho

B	R1	2.299	115.408	42.000	191.667	-0.725	19.000	largo
		2.501	134.999	78.171	178.155	-1.332	20.687	ancho
	R2	1.590	138.909	94.314	157.763	-99.462	13.165	largo
		2.603	144.980	72.667	183.144	-4.497	21.469	ancho
	R3	2.270	111.701	69.744	149.513	-87.064	18.783	largo
		2.415	110.690	42.426	149.450	1.380	19.966	ancho
	R4	1.547	142.427	94.969	186.000	-84.611	12.802	largo
		2.270	111.701	69.744	149.513	-87.064	18.783	ancho
C	R1	1.340	124.648	52.642	167.942	10.886	14.538	largo
		0.930	92.666	59.933	123.230	-85.840	10.093	ancho
	R2	1.131	160.791	88.085	197.318	3.417	12.285	largo
		0.779	161.518	111.309	190.720	-78.690	8.399	ancho
	R3	1.189	121.346	49.054	185.744	11.470	12.886	largo
		1.072	141.216	58.667	187.612	-82.763	11.623	ancho
	R4	1.281	131.501	77.868	196.132	3.764	13.940	largo
		0.712	136.378	48.048	184.190	-85.914	7.707	ancho
D	R1	0.614	123.700	56.132	182.394	12.144	9.916	largo
		0.373	106.334	63.524	156.626	-86.496	6.024	ancho
	R2	0.583	139.576	58.000	180.000	0.000	9.449	largo
		0.418	138.883	83.667	163.606	-87.917	6.754	ancho
	R3	0.546	140.936	77.167	193.750	0.796	8.836	largo
		0.335	178.879	108.924	202.000	-88.698	5.401	ancho
	R4	0.358	148.460	69.945	197.297	12.265	5.777	largo
		0.474	114.584	59.773	179.207	-81.741	7.688	ancho

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Tabla 68-3: Promedio segunda dimensión _ biodegradabilidad en compostaje

Biodegradabilidad en compostaje			
Segunda dimensión			
Tratamiento	Largo promedio	Ancho promedio	Promedio
A	19.934	16.695	18.315
B	15.938	20.226	18.082
C	13.412	9.456	11.434
D	8.495	6.467	7.481

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

3.3.7.8. Cálculos de biodegradabilidad en compostaje

A partir de la Ecuación 13-3:

$$\%BC = \frac{D1 - D2}{D1} \times 100$$

$$\%BC = \frac{26.697 - 18.315}{26.697} \times 100$$

$$\%BC = 31,40\%$$

3.3.7.9. Resultados de biodegradabilidad en compostaje en IMAGEJ

Tabla 69-3: Biodegradabilidad en Compostaje

Biodegradabilidad en compostaje	
Tratamiento	Porcentaje
A	31,40
B	28,03
C	52,76
D	71,26
Total	45,86

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

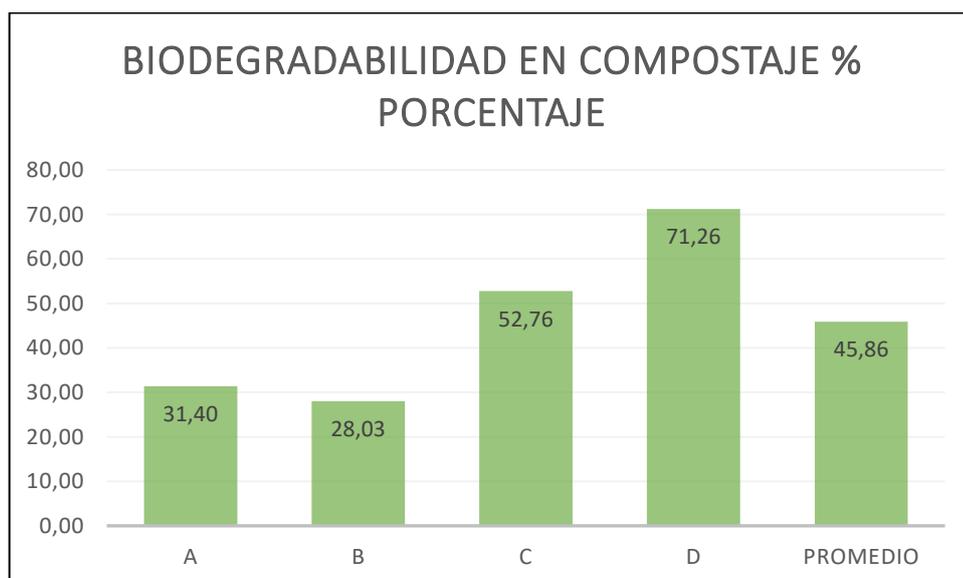


Gráfico 14-3: Biodegradabilidad en compostaje

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Desde el punto de vista medio ambiental una biopelícula es absolutamente favorable ya que, luego de su uso este llega a estar inmersa bajo tierra un plástico normal es imposible que se degrade por un lapso de 60 días como lo estipula en la Norma, pero por medio de esta investigación y como se puede visualizar en la Tabla 69-5 que en tan solo 15 días los bioplásticos que se colocaron en un medio de compostaje un porcentaje de 45,85% de su degradación.

3.4. Prueba de Hipótesis

3.4.1. Hipótesis 1

Mediante la caracterización del almidón obtenido a partir de la papa "Santa Isabel" fue totalmente optima ya que se encontró dentro de los rangos establecidos bajo Norma en cada uno de los Ensayos entre ellos: amilosa 36,76 % y amilopectina 63,33% estando dentro del rango establecido ya que, de estos valores dependerá los demás porcentajes para la biopelícula; con una temperatura de gelatinización de 69,33 C que nos permite saber el momento exacto en que los gránulos comienzan su hinchamiento y con ello sus propiedades de moldeo y con un porcentaje de solubilidad en agua de 4,931% siendo uno de las características más importantes para la biodegradabilidad.

3.4.2. Hipótesis 2



Gráfico 15-3: Porcentaje de rendimiento del almidón de papa "Santa Isabel"

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Se obtuvo el almidón a partir de la papa "Santa Isabel" por medio del método húmedo y como se puede observar en el Gráfico 11-3 el mayor rendimiento de 18,335 el cual fue en el tratamiento 4 donde las variables involucradas RPM alto y el mayor tiempo de 60 segundos, aunque para la

industrialización se necesita ahorro de energía por lo tanto el tratamiento con un porcentaje de rendimiento de 17% con la ventaja de que solo involucra 45 segundos con una diferencia de apenas 1% ahorrando recursos.

3.4.3. Hipótesis 3

Al realizar la prueba de tracción en el laboratorio LenMav con una muestra denominada Probeta tipo A para la determinación de las pruebas físicas esenciales que cada biopelícula debe poseer para ser considerada idónea en su utilización prometiendo una calidad e inocuidad del alimento estable con un tiempo de vida más prolongado sin olvidarnos de su correcta Biodegradabilidad. Bien, para el módulo de elasticidad en los tratamientos A, B, C y D (5,55E+00; 4,98E+00; 1,02E+0; 1,41E+01) Mpa respectivamente, carga de fluencia en los tratamientos A, B, C y D (1,4; 2,99; 3,62; 2,32)N respectivamente, esfuerzo de fluencia en los tratamientos A, B, C y D (1,4; 1,45; 1,75; 1,28) Mpa respectivamente, carga máxima en los tratamientos A, B, C y D (3,51; 4,08; 6,58; 4,54)N respectivamente, esfuerzo máximo en los tratamientos A, B, C y D (1,66; 1,98; 3,19; 2,51) Mpa respectivamente y porcentaje de elongación en los tratamientos A, B, C y D (53,54; 65,61; 55,66; 40,64)% respectivamente siendo el tratamiento C con la biopelícula más idónea para su utilización y aplicación industrial.

3.4.4. Hipótesis 4

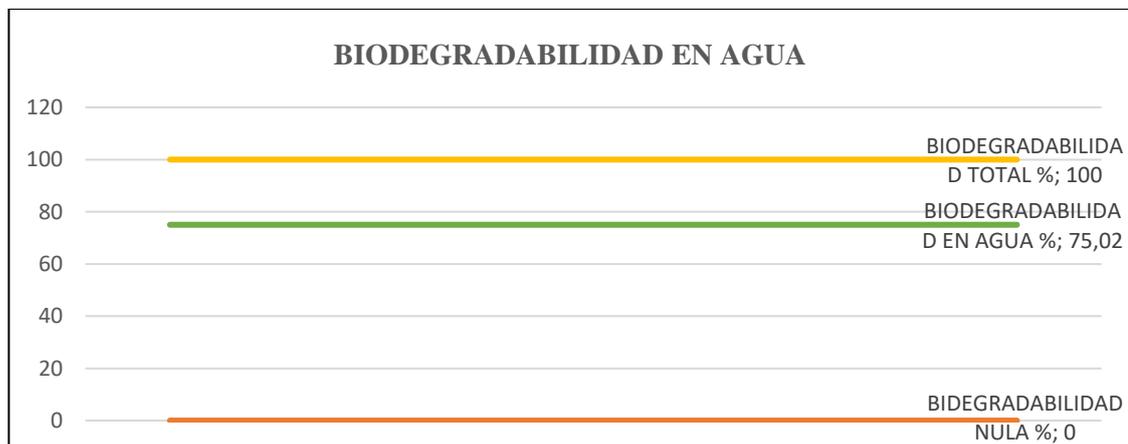


Gráfico 16-3: Porcentaje de biodegradabilidad en agua *Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.*

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021

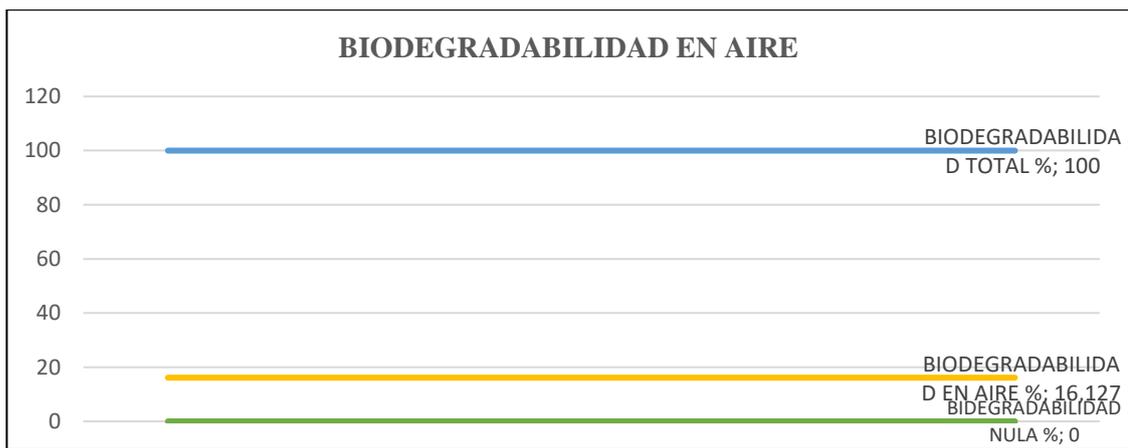


Gráfico 17-3: Comparación de biodegradabilidad en aire

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

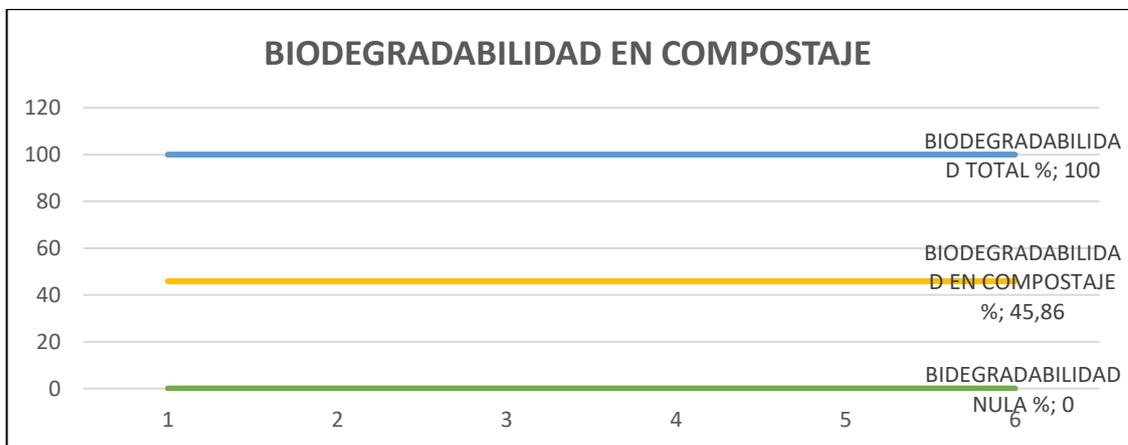


Gráfico 18-3: Comparación de biodegradabilidad en compostaje

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

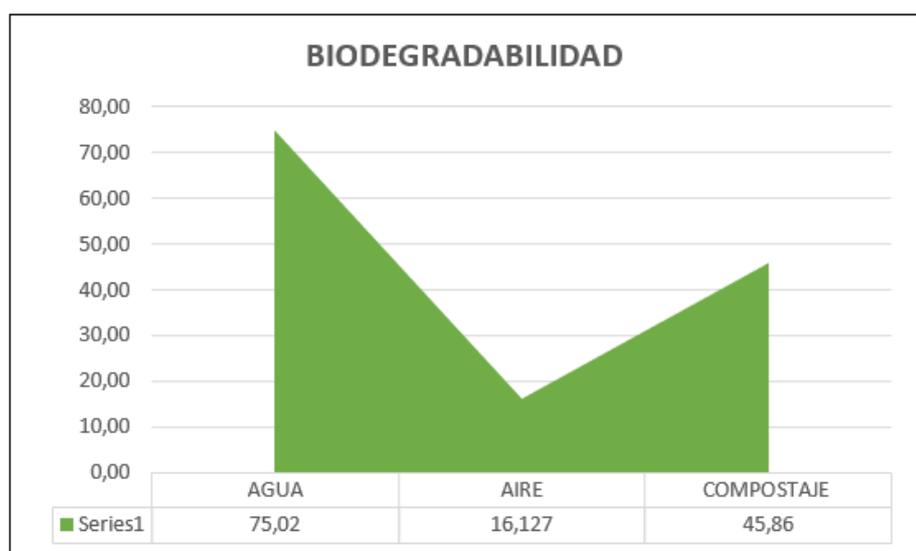


Gráfico 19-3: Biodegradabilidad General

Realizado por: Herrera, Zayda. 2021.

Al evaluar mediante los ensayos de biodegradabilidad en agua, aire y compostaje y de esta manera en globalizar los tipos de situaciones en donde puede encontrarse el bioplástico, ya detallado se ha especificado que en un lapso de 60 días para degradarse mínimo de un 90%, el seguimiento que se ha realizado ha sido de 15 días con una biodegradabilidad de 75,02% en agua; 16,127% en aire o al ambiente y 45,86% en compostaje como se observa en el Grafico 19-3 ya que, gracias a los microorganismos como mohos, algas y demás que se encuentran en el medio hacen posible este proceso microbiológico, ahora, si se evaluaría por los 60 días según la Norma claramente superaría el 90% siendo esto idóneo para desarrollar una reducción total de contaminación por plásticos comunes.

CONCLUSIONES

- Se realizaron 15 pruebas piloto especificadas en las Tablas 17-3 y 18-3 donde el tratamiento con el cual se trabajó el Diseño Factorial especificado en la Figura 16-3 fue el tratamiento 8 con la siguiente formulación 30mL de agua destilada, 3 mL de ácido acético; 2,5 gr de almidón, 2 mL de glicerina, teniendo en cuenta que el tratamiento con mayor eficiencia fue el tratamiento B con las siguientes características: 4,98E+00 Mpa de módulo de elasticidad; 2,99 N de carga de efluencia; 1,45 Mpa de esfuerzo de efluencia; 4,08 N de carga máxima; 1,98 Mpa de esfuerzo máximo y un 65,615 de elongación que de acuerdo con las Normas establecidas anteriormente cumplen con las características idóneas para el embalaje de alimentos.
- La obtención de la papa "Santa Isabel" (*Solanum tuberosum*) se lo realizó por medio del método de vía húmeda donde se realizaron 15 tratamientos piloto dentro de los cuales el tratamiento 8 fue el seleccionado para realizar el Diseño Factorial mejorando sus características a partir de la variación de 2 factores los cuales son: velocidad de licuado y tiempo donde el tratamiento 3 fue el que mejores características de calidad y porcentaje de almidón se obtuvo con un promedio de 17% en donde se ahorra tiempo de licuado y por ende consumo energético.
- Mediante las pruebas físico-químicas descritas en la Tabla 32-3 al almidón de papa "Santa Isabel" se obtuvo la siguiente caracterización: 6,28% humedad; 0,35 % ceniza; 46,76 % solubilidad; 5,9 pH; 0,10 % de fibra; 0,35% proteína; 69 °C temperatura de gelatinización; 76,87% de carbohidratos totales; 36,67% de amilosa, 63,33% de amilopectina, ausencia de hongos, ausencia de levaduras y mohos, y 30 UPC/g de coliformes totales en donde se encuentran de los parámetros estándar.
- La formulación idónea para la biopelícula a partir de almidón de papa "Santa Isabel" con los siguientes porcentajes: 80% de agua destilada, 8% de ácido acético; 6,6% de almidón y 5,4% de glicerina en donde al momento de realizar la biopelícula se debe considerar los siguientes parámetros esenciales para la elaboración del mismo: 69 °C de temperatura de gelatinización, 6,28% de humedad del almidón; 36,67% de amilosa y 63,33 % de amilopectina, demás explicados en la Tabla 32-3.
- Se evaluó el tiempo de la biodegradabilidad de la biopelícula en las siguientes condiciones: agua durante 15 días teniendo un porcentaje de degradabilidad del 72,345 %; medio aerobio durante 15 días teniendo un porcentaje de degradabilidad del 12,276 %; Compostaje durante 15 días teniendo un porcentaje de degradabilidad del 28,08 % teniendo una biopelícula eficiente tanto en análisis de vida útil como de características físico-mecánicas.

RECOMENDACIONES

- Para obtener una mayor cantidad de almidón al momento de separar la torta húmeda del almidón volver a realizar un lavado del residuo que queda para tener un mayor porcentaje de almidón.
- Se recomienda incluir pruebas microbiológicas ya que se debe considerar que es para uso en alimentos y debe estar libre de agentes infecciosos.
- Para posteriores proyectos de investigación se puede tomar las formulaciones planteadas en la Tabla 17-3 dependiendo del uso que se requiera dar al bioplástico.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, J., et al. *Evaluación del almidón de papa (Solanum tuberosum) en la obtención de bioplástico*. 2ª ed., Barcelona-España: Conference, 2018, ISBN 13909347, pp. 13-14.

ALVARENGA, A. “ *FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA COMESTIBLE ELABORADA A PARTIR DE ALMIDÓN DE SORGO (Sorghum bicolor (L .) Moench) Y YUCA (Manihot esculenta)*”. El Salvador-San Salvador: 2018, pp. 33-65.

ALVIS, A., et al. Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas, *Informacion Tecnologica*, (2008), (Venezuela), p. 21.

ARANDA, G. Glicerol : Síntesis Y Aplicaciones (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Universidad Nacional De Educación a Distancia. 2017. pp. 18-42. [Consulta: 3 enero 2021]. Disponible en: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:masterCienciasCyTQGlaFuente/LaFuente_Aranda_Gustavo_TFM.pdf.

BADUI, S. *Química de los Alimentos*, 4ª ed., Salvador:Badui Dergal, 2006, ISBN 9702606705, p. 23.

BORBA, N. *La papa un alimento básico*, [en línea]. Uruguay: Rap-Al Uruguay [Consulta 21 enero 2021]. Disponible en: <http://ww.rapaluguay.org/transgenicos/Papa/Papa.pdf>.

CARRASCO, E., et al. “*EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y FUNCIONAL DE ALMIDONES DE CINCO VARIEDADES DE PAPAS NATIVAS PROCEDENTES DE ILAVE (PUNO)* [en línea]. Lima-Perú: s.n. 2017. [Consulta: 15 diciembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2655/Q02T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CONSEA, et al. *I. Conceptos generales Almidón*. Argentina: Salas Choque, Wilson Alejandro, 2010, pp. 3-18.

CORREA, D., et al. “Influencia del método de extracción en las propiedades funcionales de almidón de plátano dominico hartón (musa paradisiaca l)”. *UGCiencia*, n° 23 (2017), (Perú) pp. 97-100.

CORREA, M., et al. " VALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS Y FUNCIONALES DEL ALMIDÓN NATIVO DE ÑAME CONGO (*Dioscorea bulbifera* L.) PARA PREDECIR SUS POSIBLES USOS TECNOLÓGICOS " *Redalyc.org*, n° 26 (2018), (Venezuela), pp. 182-187.

ESCOBAR, J. Elaboración y caracterización de biopelículas elaboradas con quitosano y adicionadas con partículas de almidón (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Universidad Autónoma del Estado de México, Ciencias, Biotecnología. México-Toluca. 2020 [en línea], pp. 1-66.

FAO. *Recetario de Platillos Tradicionales del Altiplano Marquense*. Guatemala: Infoagro, 2010, pp. 82-87.

FAO. "Tabla de Alimentos". *Medicina Información*, n° 5 (2018), (Ecuador-Cuenca) pp. 23-97.

GAVILANES, L. "ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ARROZ (*Oryza sativa*) Y ARROZ INTEGRAL PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS" (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Ciencias, Ingeniería Química. (Riobamba -Ecuador). 2021. pp. 47-101

GONZÁLEZ, Y., et al. "Síntesis y biodegradación de polihidroxicanoatos: Plásticos de origen microbiano". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* [en línea], 2013, (México), 29 (1), pp. 77-115. [Consulta: 11 marzo 2021]. ISSN 01884999. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000100007.

GUAMÁN, J. Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial (Trabajo de Titulación) (Pregrado). [En línea] Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Ciencias, Ingeniería Química. (Riobamba -Ecuador). 2019. pp. 1-54. [Consulta 2020-12-01]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11069>.

GUTIERREZ, H. "Should antibiotics be administered after endoscopic mucosal resection in patients with colon polyps". *Pubmed*, n° 2 (2016), (México) pp. 33-76.

GUTIÉRREZ, P. & ROMÁN, V. *Análisis y diseño de experimentos*. 2ª ed. Mexico: Mc Graw Hill, 2008. ISBN 9789701065266, pp. 24-201.

INIAP. *papa*. [en línea]. Quito-Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2019. [05 enero 2021]. Disponible en: <http://www.iniap.gob.ec/transferencia/fotos/info/papa/papa.pdf>.

INSST. "Documentación Toxicológica Para La VI Actualización Del Límite De Exposición Profesional Del Ácido Acético". *INSST*, n° 6 (2018), (Ecuador) pp. 1-10.

JUÁREZ, S. *Análisis de Varianza de Tipo I: Anova I*. 17ª ed. México: Centro Universitario UAEM Ecatepec, 2015, pp. 22-53.

MARTÍN, S., et al. "Water Absorption and Solubility and Amylograph Characteristics on Roll-Cooked Small Grain Product". *J Food Sci Technol*, 24ª ed. (2013), (India) pp. 31-36.

MAYHUIRE, E., et al. BIOPELÍCULAS PRODUCIDAS CON CÁSCARA DE NARANJA Y REFORZADAS CON CELULOSA BACTERIANA BIODEGRADABLE FILMS PRODUCED WITH ORANGE PEEL AND REINFORCED BY BACTERIAL CELLULOSE (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Facultad de Ingeniería de procesos, Escuela profesional de Ingeniería Química (Lima-Perú). 2019. pp. 1-11.

MEDINA, J. & SALAS, J. "Caracterización morfológica del gránulo de almidón nativo: Apariencia, forma, tamaño y su distribución" *Revista de Ingeniería*, n° 27 (2008), (India) pp. 56-62.

MEZA, P. Elaboración De Bioplásticos a Partir De Almidón Residual Obtenido De Peladoras De Papa Y Determinación De Su Biodegradabilidad a Nivel De Laboratorio (Trabajo de Titulación) (Pregrado). [En línea]., Facultad Ciencias, Ingeniería Química. Riobamba - Ecuador. 2016. p. 43. [Consulta: 2021-01-06]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2016/Q6049T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

MONZÓN, D. "Introducción al diseño de experimentos". *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela* [en línea], 1992, (Venezuela) 34(2), pp. 167-170. [Consulta 12 diciembre 2021]. Disponible en: <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Disenno/IntroDE.pdf>.

MORALES, C. Clasificación de Calidad Sensorial de papas fritas tipo chips mediante Visión Computacional (Trabajo de Titulación) (Pregrado). [en línea] Universidad de Chile Facultad de

Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química, Ingeniería en Alimentos. Chile.2008. pp. 84-101. [Consulta 2021-02-01]. Disponible en: http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2008/qf-morales_ca/pdfAmont/qf-morales_ca.pdf.

NTE INEN 2784. *NORMA PARA EL SORGO EN GRANO (CODEX STAN 172-1989, MOD).*

NTE INEN ISO 14855-1. *DETERMINACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD AERÓBICA FINAL DE MATERIALES PLÁSTICOS EN CONDICIONES DE COMPOSTAJE CONTROLADAS. MÉTODO SEGÚN EL ANÁLISIS DE DIÓXIDO DE CARBONO GENERADO. PARTE 1: MÉTODO GENERAL (ISO 14855-1:2005, IDT).*

NTE INEN 2117. *HORTALIZAS FRESCAS. PAPAS. REQUISITOS.*

NTE INEN 1456. *REACTIVOS PARA ANÁLISIS. ALMIDÓN SOLUBLE (PARA IODOMETRÍA). METODOS DE ENSAYO.*

NTE INEN 1462. *CEREALES Y PRODUCTOS DE CEREALES.*

NTE INEN 2 542. *LAMINAS PLÁSTICAS. REQUISITOS.*

NTE INEN 2643. *ESPECIFICACIÓN PARA PLÁSTICOS COMPOSTABLES.*

NTE INEN 3124. *HORMIGÓN. ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE ENSAYO EN EL LABORATORIO.*

NUÑEZ. "Permeabilidad en Agua". Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales [en línea], 2016, (Perú), pp. 24-47.

PARDO, O., et al. *Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa.* México: Acta Agronomica, 2013. ISBN 01202812, pp. 53-87.

PALMA, R., et al. "Caracterización parcial de películas biodegradables elaboradas con almidón de plátano y proteínas séricas de la leche". Acta Universitaria [en línea],2017 (Hidalgo-México) 27(1), pp. 26-33. [Consulta: 12 septiembre 2021]. ISSN 0188-6266. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/416/41650152002.pdf>

PINEDA G., et al. "Papel del agua en la gelatinización del almidón de maíz: estudio por

calorimetríadiferencial de barrido". Ingeniería y Ciencia - ing.cienc. [en línea], 2010, (Colombia), 6(11), pp. 129-141. [Consulta: 23 noviembre 2020]. Disponible en: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/view/252>.

RICA, E., et al. "EVENTOS CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE PAPA CULTIVO DE PAPA" Reducción del impacto [en línea], 2017, (España), 23(3), pp. 1-78. [Consulta: 12 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-papa.pdf>.

ROJAS, P. *Herramientas estadísticas-comparación de más de dos muestras : ANOVA (PARTE I)*. 13ª ed., Madrid-España: Comillas, 2009, pp. 1-22.

SAKEE, U. Obtención de una película de bioplástico a partir del colágeno de las patas de pollo (trabajo de titulación) (pregrado). universidad central del ecuador, facultad de ingeniería química, carrera de ingeniería química, Quito-Ecuador. 2014. pp. 22-87. [Consulta: 2020-12-21]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2879>.

SANDIBEL, Y., et al. "OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ". Revista Colón [en línea], 2020, (Ecuador), pp. 0-11. [Consulta: 18 agosto 2020]. ISSN: 2313-7819. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/338924872_OBTENCION_DE_BIOPLASTICOPARTIR_DE_ALMIDON_DE_MAIZ_Zea_mays_L.

TOALA, M. & SARMIENTO, V. Aprovechamiento de los residuos de café (*Coffea arabica*) y maíz (*Zea mays*) para la elaboración de bolsas biodegradables [en línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López, Carrera Medio Ambiente, Ecuador. 2019. pp. 90-102. [Consulta: 2021-01-03] Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1194/1/TTMA61.pdf>.

TOCAGÓN, B. Diseño de un proceso para la obtención de almidón a partir de la papa china (Trabajo de Titulación) (Pregrado). [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Carrera Ingeniería Química, Ecuador. 2015. pp. 40-62. [Consulta: 2020-10-07]. Disponible en: <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/10450>.

TRUJILLO, R. Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (manihot esculente crantz) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos (Trabajo de Titulación) (Pregrado). [en línea] Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios -

UNAMAD, Perú. 2014. pp. 1-147. [Consulta: 2020-10-07]. Disponible en: <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/00421013.pdf?sequence=1>
<http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/00413.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

VALDIVIA, R., et al. *Boletín Científico Técnico INIMET* [en línea]. 2ª ed. España: INIMET, 2015. [Consulta: 20 octubre 2020]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223017807002>.

VARELA, M., et al. *ANÁLISIS CRÍTICO DEL DISEÑO FACTORIAL 2 k SOBRE CASOS APLICADOS*. Argentina: Boletín Científico, 2011, pp. 35-49.

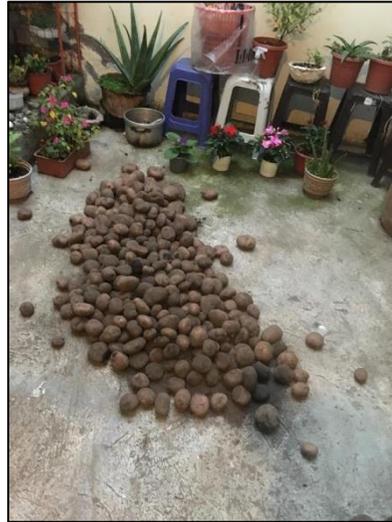
VARGAS, G. & VELEZMORO, C. "Scientia Agropecuaria Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación". *Scientia Agropecuaria* [en línea], 2016, (Perú) 7(3), pp. 223-230 [Consulta: 19 noviembre 2020]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172016000400009

VIDAL, D. "Ciencia y tecnología de alimentos". *Arbor* , n° 166 (2000), (España), pp. 127-139.

ZAPATA, C. Evaluación de biopelículas formuladas a partir de almidón de banano verde (*Musa paradisiaca*) y yuca (*Manihot esculenta*) con gel de sábila (*Aloe vera*) (Trabajo de Titulación) (Pregrado). [en línea] Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Agroindustrial e Industrias Alimentarias. Perú. 2019. pp. 119 [Consulta: 2021-02-07]. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1586>.

ANEXOS

ANEXO A: OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL"



a)



b)



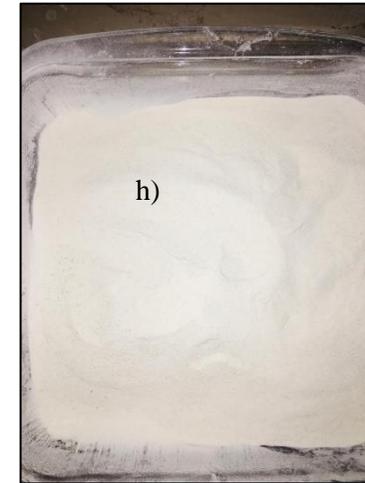
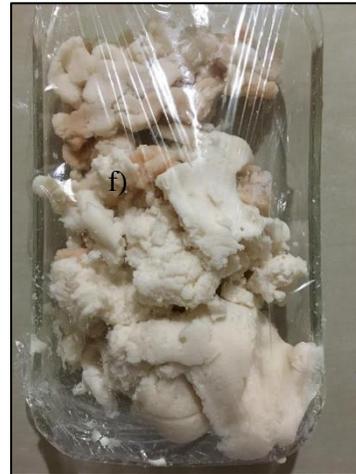
c)



d)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ELABORADO POR:</p> <p>Zayda Vanessa Herrera Cuadrado</p>	<p>FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL" (<i>Solanum tuberosum</i>) PARA EL USO DE ALIMENTOS</p>		
<p>a) Recepción de la Materia Prima y Pesaje</p> <p>b) Licuado</p> <p>c) Filtrado</p> <p>d) Decantación</p>	<p>Aprobado <input type="checkbox"/></p> <p>Preliminar <input type="checkbox"/></p> <p>Certificado <input type="checkbox"/></p> <p>Por aprobar <input type="checkbox"/></p> <p>Información <input type="checkbox"/></p> <p>Por Calificar <input type="checkbox"/></p>				
			1	1:1	14/09/2021

ANEXO B: CONTINUACIÓN OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL"



NOTAS:	CATEGORÍA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Zayda Vanessa Herrera Cuadrado	FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL" (Solanum tuberosum) PARA EL USO DE ALIMENTOS		
e) Almidón antes de ser secado	DEL DIAGRAMA				
f) Torta Húmeda	Aprobado <input type="checkbox"/>		2	1:1	14/09/2021
g) Tamizaje	Preliminar <input type="checkbox"/>				
h) Almidón de papa "Santa Isabel"	Certificado <input type="checkbox"/>				
	Por aprobar <input type="checkbox"/>				
	Información <input type="checkbox"/>				
	Por Calificar <input type="checkbox"/>				

ANEXO C: OBTENCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ALMIDÓN



NOTAS:	CATEGORÍA	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Zayda Vanessa Herrera Cuadrado </p>	<p align="center"> FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL" (<i>Solanum tuberosum</i>) PARA EL USO DE ALIMENTOS </p>		
i) Rendimiento del almidón de la papa "Santa Isabel"	DEL DIAGRAMA Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>				
		3	1:1	14/09/2021	

ANEXO D: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN



j)



k)



l)



m)

NOTAS:		CATEGORÍA	FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL" (<i>Solanum tuberosum</i>) PARA EL USO DE ALIMENTOS		
j) Humedad	DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	FACULTAD DE CIENCIAS	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ELABORADO POR:
k) Ceniza	Aprobado <input type="checkbox"/>	Zayda Vanessa Herrera Cuadrado			
l) Solubilidad	Preliminar <input type="checkbox"/>				
m) pH	Certificado <input type="checkbox"/>				
	Por aprobar <input type="checkbox"/>				
	Información <input type="checkbox"/>				
	Por Calificar <input type="checkbox"/>				
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			4	1:1	14/09/2021

ANEXO E: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN

n)



o)



p)



q)



NOTAS:		CATEGORÍA	FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL" (<i>Solanum tuberosum</i>) PARA EL USO DE ALIMENTOS		
n) Viscosidad	DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	LÁMINA	ESCALA	FECHA
o) Pruebas Microbiológicas	Aprobado <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS	5	1:1	14/09/2021
p) Tamizaje	Preliminar <input type="checkbox"/>	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
q) Prueba Cualitativa	Certificado <input type="checkbox"/>	ELABORADO POR:			
	Por aprobar <input type="checkbox"/>	Zayda Vanessa Herrera Cuadrado			
	Información <input type="checkbox"/>				
	Por Calificar <input type="checkbox"/>				

ANEXO F: FORMULACIÓN DE LA BIOPELÍCULA



r)



s)



t)

NOTAS:		CATEGORÍA	FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL" (<i>Solanum tuberosum</i>) PARA EL USO DE ALIMENTOS			
r) Pesado	DEL DIAGRAMA Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Zayda Vanessa Herrera Cuadrado	LÁMINA			
s) Mezclado			ESCALA			
t) Secado			FECHA			
			6	1:1	14/09/2021	

ANEXO G: CARACTERIZACIÓN DE LA BIOPELÍCULA

u)



v)



w)



x)



NOTAS:		CATEGORÍA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Zayda Vanessa Herrera Cuadrado	FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL" (Solanum tuberosum) PARA EL USO DE ALIMENTOS		
u) Humedad	DEL DIAGRAMA Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>			LÁMINA	ESCALA	FECHA
v) Solubilidad			7	1:1	14/09/2021	
w) Permeabilidad						
x) Ceniza						

ANEXO H: PRUEBAS MECÁNICAS DE LA BIOPELÍCULA



y)



NOTAS:	CATEGORÍA				
y) PRUEBAS MECÁNICAS A LA BIOPELÍCULA	DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Zayda Vanessa Herrera Cuadrado	FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL" (Solanum tuberosum) PARA EL USO DE ALIMENTOS		
	Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			8	1:1	14/09/2021

ANEXO I: ALMILOSA Y AMILOPECTINA

MC-LSAIA-2201-05

	INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS <small>Panamericana Sur Km. 1, Cutuglagua Tlfs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340</small>	
--	--	--

NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Zayda Herrera	INFORME DE ENSAYO No: 21-062	Particular
DIRECCIÓN: Riobamba	INSTITUCIÓN:	Srta. Zayda Herrera
FECHA DE EMISIÓN: 12 de marzo de 2021	ATENCIÓN:	01/03/2021
FECHA DE ANÁLISIS: Del 1 al 12 de marzo de 2021	FECHA DE RECEPCIÓN:	08H25
	ANÁLISIS SOLICITADO	Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ¹²					IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04					
METODO REF.	U. FLORIDA 1970						
UNIDAD	%	%					
21-0353	5,00	36,67					Almidón de papa Santa Isabel

Los ensayos marcados con **12** se reportan en base seca.
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

 Dr. Iván Samaniego RESPONSABLE TÉCNICO	 RESPONSABLES DEL INFORME	 Ing. Bladimir Ortiz RESPONSABLE CALIDAD
--	------------------------------	---

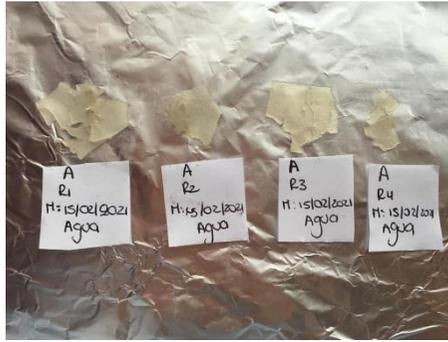
Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del INIAP.
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.
 NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. 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. De igual manera, la información entregada por el cliente y generada durante las actividades del laboratorio es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste.

z)

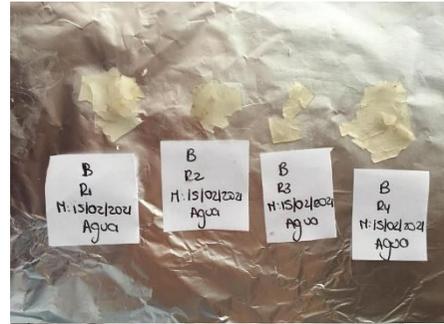
NOTAS:	CATEGORÍA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL" (Solanum tuberosum) PARA EL USO DE ALIMENTOS		
z) PRUEBA DE AMILOSA	DEL DIAGRAMA	FACULTAD DE CIENCIAS			
	Aprobado <input type="checkbox"/>	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
	Preliminar <input type="checkbox"/>	ELABORADO POR:			
	Certificado <input type="checkbox"/>	Zayda Vanessa Herrera Cuadrado	LÁMINA	ESCALA	FECHA
	Por aprobar <input type="checkbox"/>		9	1:1	14/09/2021
Información <input type="checkbox"/>					
Por Calificar <input type="checkbox"/>					

ANEXO J: BIODEGRADABILIDAD EN AGUA

aa)



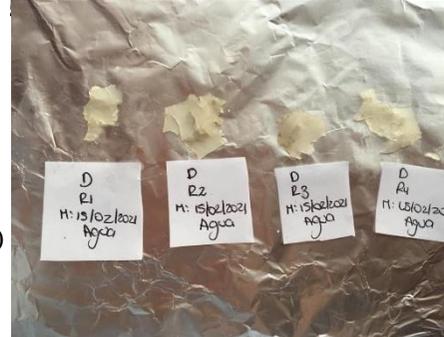
bb)



cc)



dd)



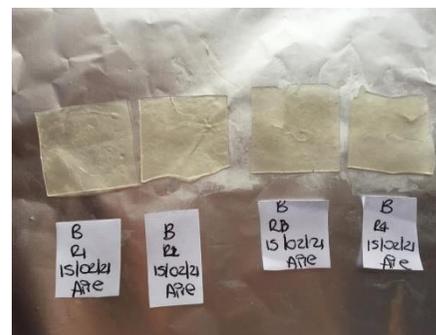
NOTAS:		CATEGORÍA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Zayda Vanessa Herrera Cuadrado	FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL" (Solanum tuberosum) PARA EL USO DE ALIMENTOS			
				LÁMINA	ESCALA	FECHA	
aa) Biodegradabilidad	en Agua	Tratamiento A.		Aprobado <input type="checkbox"/>	10	1:1	14/09/2021
bb) Biodegradabilidad	en Agua	Tratamiento B.		Preliminar <input type="checkbox"/>			
cc) Biodegradabilidad	en Agua	Tratamiento C.	Certificado <input type="checkbox"/>				
dd) Biodegradabilidad	en Agua	Tratamiento D.	Por aprobar <input type="checkbox"/>				
			Información <input type="checkbox"/>				
			Por Calificar <input type="checkbox"/>				

ANEXO K: BIODEGRADABILIDAD EN AIRE

ee)



ff)



gg)



hh)



NOTAS:

- ee) Biodegradabilidad en Aire Tratamiento A.
- ff) Biodegradabilidad en Aire Tratamiento B.
- gg) Biodegradabilidad en Aire Tratamiento C.
- hh) Biodegradabilidad en Aire Tratamiento D.

CATEGORÍA DEL

DIAGRAMA

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

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

ELABORADO POR:
Zayda Vanessa Herrera Cuadrado

**FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN
DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE
ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL"
(Solanum tuberosum) PARA EL USO DE
ALIMENTOS**

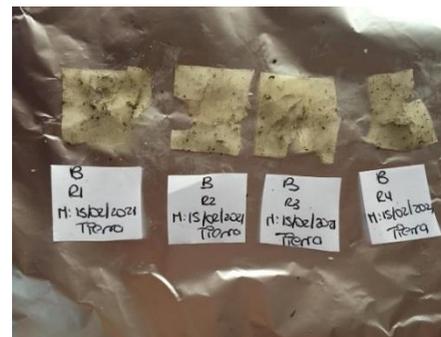
LÁMINA	ESCALA	FECHA
11	1:1	14/09/2021

ANEXO L: BIODEGRADABILIDAD EN TIERRA

ii)



jj)



kk)



ll)



NOTAS:

- ii) Biodegradabilidad en Tierra Tratamiento A.
- jj) Biodegradabilidad en Tierra Tratamiento B.
- kk) Biodegradabilidad en Tierra Tratamiento C.
- ll) Biodegradabilidad en Tierra Tratamiento D.

CATEGORÍA DEL

DIAGRAMA

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

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

ELABORADO POR:

Zayda Vanessa Herrera Cuadrado

**FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN
DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE
ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL"
(Solanum tuberosum) PARA EL USO DE
ALIMENTOS**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
12	1:1	14/09/2021

ANEXO M: PRUEBA MECÁNICA BIOPELÍCULA A



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 01	
SOLICITADO POR:	Zayda Vanessa Herrera Cuadrado
PROYECTO DE TESIS:	"FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL" (<i>Solanum tuberosum</i>) PARA EL USO DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPELÍCULA - ALMIDÓN DE PAPA
MATERIAL:	LAMINA DE BIOPELÍCULA
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 02
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	26-feb-21
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-20165006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	A
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.31
ANCHURA [mm]	6.82
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.11
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	5.549 E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	2.96
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.40
CARGA MAXIMA [N]	3.51
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.66
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	53.54
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

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

ANEXO N: PRUEBA MECÁNICA BIOPELÍCULA B

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 02	
SOLICITADO POR:	Zayda Vanessa Herrera Cuadrado
PROYECTO DE TESIS:	"FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL" (<i>Solanum tuberosum</i>) PARA EL USO DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPELÍCULA - ALMIDÓN DE PAPA
MATERIAL:	LAMINA DE BIOPELÍCULA
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 02
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	26-06-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL:	B
CARACTERÍSTICA:	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.3
ANCHURA [mm]	6.88
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.06
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	4.978 E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	2.99
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.45
CARGA MAXIMA [N]	4.08
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.98
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	65.61
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



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

ANEXO O: PRUEBA MECÁNICA BIOPELÍCULA C

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 03	
SOLICITADO POR:	Zayda Vanessa Herrera Cuadrado
PROYECTO DE TESIS:	"FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL" (Solánum tuberosum) PARA EL USO DE ALIMENTOS"
DIRECCIÓN:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPELÍCULA - ALMIDÓN DE PAPA
MATERIAL:	LAMINA DE BIOPELÍCULA
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 02
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	26-feb-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JENAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006-CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	C
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.41
ANCHURA [mm]	5.04
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.07
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.019.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	3.62
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.75
CARGA MAXIMA [N]	6.58
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	3.19
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	55.66
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



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

ANEXO P: PRUEBA MECÁNICA BIOPELÍCULA D

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Denominación: RG 18 - 1
N° 04	
SOLICITADO POR:	Zayda Vanessa Herrera Cuadrado
PROYECTO DE TESIS:	"FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA "SANTA ISABEL" (Solánum tuberosum) PARA EL USO DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPELÍCULA - ALMIDÓN DE PAPA
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPELÍCULA
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 02
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635.012
FECHA DE ENSAYO:	26-feb-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	D
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.33
ANCHURA [mm]	5.49
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm²]	1.81
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.408.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	2.32
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.28
CARGA MAXIMA [N]	4.54
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.51
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	40.64
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



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



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: 05 / 08 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Zayda Vanessa Herrera Cuadrado</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>



1472-DBRA-UTP-2021