



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE LA PAPA
SUPERCHOLA (*Solanum tuberosum L.*) Y PERICARPIO DE
MARACUYÁ (*Passiflora edulis*) PARA EL EMBALAJE DE
ALIMENTOS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: EFRÉN WLADIMIR GUAMÁN GUAMÁN

DIRECTORA: Ing. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS MSc.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Efrén Wladimir Guamán Guamán

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

Yo, EFRÉN WLADIMIR GUAMÁN GUAMÁN, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 30 de Noviembre del 2021



Efrén Wladimir Guamán Guamán

060444677-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE LA PAPA SUPERCHOLA (*Solanum tuberosum L.*) Y PERICARPIO DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS**, realizado por el señor: **EFRÉN WLADIMIR GUAMÁN GUAMÁN**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

| | FIRMA | FECHA |
|--|--|--------------|
| Ing. Darío Fernando Guamán Lozada MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL |  | 2021-11-30 |
| Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos MSc. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR |  | 2021-11-30 |
| Ing. Violeta Maricela Dalgo Flores MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL |  | 2021-11-30 |

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a Dios por haberme bendecido con la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante en mi formación profesional. A mis padres, por su amor incondicional, trabajo, apoyo, y sacrificio que me han brindado día a día. A mis hermanos y amigos por estar siempre presentes, apoyándome a cumplir las metas que me propongo.

Efrén

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerza para superar obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida, agradezco muy profundamente a mis padres Víctor y Cecilia, que siempre me han demostrado su amor, esfuerzo y sacrificio para verme triunfar, corrigiendo mis fallas y celebrando mis triunfos también a mis hermanos, Israel y Kevin, que siempre me han acompañado, con sus consejos me han ayudado a afrontar retos y junto a sus ideas hemos pasado momentos inolvidables. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que me abrió las puertas, permitiéndome forjarme como persona, estudiante y profesional. A todos mis amigos que me brindaron su amistad y ayuda a lo largo de este trabajo de investigación. A la Ing. Linda Flores y a la Ing. Violeta Dalgo por el asesoramiento en este trabajo de titulación.

Efrén

TABLA DE CONTENIDO

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

CAPÍTULO I

| | |
|--|-----------|
| 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL..... | 2 |
| 1.1. Antecedentes de la investigación..... | 2 |
| 1.2. Marco teórico..... | 4 |
| 1.2.1. Papa..... | 4 |
| 1.2.2. Origen..... | 4 |
| 1.2.3. Variedades de papa en Ecuador..... | 4 |
| 1.2.4. Papa Superchola (<i>Solanum tuberosum</i> L)..... | 6 |
| 1.2.4.1. Características morfológicas..... | 6 |
| 1.2.4.2. Taxonomía de la Papa Superchola..... | 7 |
| 1.2.4.3. Composición química de la papa Superchola..... | 7 |
| 1.2.5. Maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>)..... | 8 |
| 1.2.5.2. Variedades..... | 9 |
| 1.2.5.3. Fruta de maracuyá..... | 9 |
| 1.2.5.4. Partes de la fruta..... | 10 |
| 1.2.5.5. Usos del maracuyá..... | 11 |
| 1.2.5.6. Taxonomía de la Maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>)..... | 11 |
| 1.2.5.7. Composición química de la cáscara de maracuyá..... | 12 |
| 1.2.5.8. Composición química en 100 g de jugo de maracuyá..... | 12 |
| 1.2.6. Almidón..... | 13 |
| 1.2.6.1. Clasificación de los almidones..... | 14 |
| 1.2.6.2. Almidón de papa..... | 14 |
| 1.2.6.3. Almidón de pericarpio de maracuyá..... | 15 |
| 1.2.6.4. Amilosa..... | 16 |
| 1.2.6.5. Amilopectina..... | 16 |
| 1.2.7. Gelatinización..... | 17 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 1.2.7.1. | <i>Factores que afectan a la gelatinización</i> | 17 |
| 1.2.8. | Retrogradación | 18 |
| 1.2.9. | Bioplásticos | 19 |
| 1.2.9.1. | <i>Tipos de bioplásticos de acuerdo con su origen</i> | 19 |
| 1.2.9.2. | <i>Biopelícula frente al plástico común</i> | 20 |
| 1.2.9.3. | <i>Propiedades de los plásticos convencionales</i> | 21 |
| 1.2.9.4. | <i>Normativa nacional sobre uso de plástico de un solo uso</i> | 21 |
| 1.2.10. | Aplicaciones de las biopelículas | 21 |
| 1.2.11. | Componentes para la elaboración de bioplásticos | 23 |
| 1.2.11.1. | <i>Glicerina</i> | 23 |
| 1.2.11.2. | <i>Plastificante</i> | 23 |
| 1.2.11.3. | <i>Agua destilada</i> | 23 |
| 1.2.11.4. | <i>Ácido acético</i> | 23 |

CAPÍTULO II

| | | |
|----------|--|----|
| 2. | MARCO METODOLÓGICO | 24 |
| 2.1. | Objetivos | 24 |
| 2.1.1. | <i>General</i> | 24 |
| 2.1.2. | <i>Específicos</i> | 24 |
| 2.2. | Hipótesis y especificación de variables | 24 |
| 2.2.1. | <i>Hipótesis general</i> | 24 |
| 2.2.2. | <i>Hipótesis Especifica</i> | 24 |
| 2.2.3. | <i>Identificación de variables</i> | 25 |
| 2.2.4. | <i>Operacionalización de variables</i> | 26 |
| 2.2.5. | <i>Matriz de consistencia</i> | 27 |
| 2.3. | Tipo y diseño de investigación | 29 |
| 2.3.1. | Tipo de investigación | 29 |
| 2.3.1.1. | <i>Método Deductivo</i> | 29 |
| 2.3.1.2. | <i>Método Cuantitativo</i> | 29 |
| 2.3.1.3. | <i>Método Inductivo</i> | 29 |
| 2.3.2. | Diseño experimental de investigación | 29 |
| 2.4. | Unidad de análisis | 35 |
| 2.5. | Población de estudio | 35 |
| 2.6. | Tamaño de muestra | 35 |
| 2.7. | Selección de muestra | 35 |
| 2.8. | Técnicas de recolección de datos | 35 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 2.8.1. | <i>Extracción de almidón.</i> | 36 |
| 2.8.2. | <i>Técnicas de caracterización Física-Química del Almidón de Papa Superchola y Maracuyá</i> | 39 |
| 2.8.2.1. | <i>pH</i> | 39 |
| 2.8.2.2. | <i>Temperatura de Gelatinización</i> | 39 |
| 2.8.2.3. | <i>Solubilidad</i> | 40 |
| 2.8.2.4. | <i>Densidad</i> | 41 |
| 2.8.2.5. | <i>Humedad</i> | 41 |
| 2.8.2.6. | <i>Ceniza</i> | 42 |
| 2.8.2.7. | <i>Viscosidad</i> | 42 |
| 2.8.2.8. | <i>Fibra</i> | 43 |
| 2.8.2.9. | <i>Proteína</i> | 44 |
| 2.8.2.10. | <i>Levaduras, mohos y coliformes totales</i> | 45 |
| 2.8.2.11. | <i>Amilosa y amilopectina</i> | 46 |
| 2.8.2.12. | <i>Carbohidratos totales</i> | 46 |
| 2.8.3. | <i>Técnica de obtención de la biopelícula</i> | 46 |
| 2.8.4. | <i>Técnicas de caracterización de la biopelícula, determinación de parámetros físicos y mecánicos</i> | 47 |
| 2.8.4.1. | <i>Análisis sensorial</i> | 47 |
| 2.8.4.2. | <i>Espesor de la biopelícula</i> | 47 |
| 2.8.4.3. | <i>Permeabilidad</i> | 47 |
| 2.8.4.4. | <i>Humedad</i> | 48 |
| 2.8.4.5. | <i>Solubilidad de la biopelícula</i> | 49 |
| 2.8.4.6. | <i>Biodegradabilidad de la biopelícula</i> | 49 |

CAPÍTULO III

| | | |
|--------|---|----|
| 3. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 51 |
| 3.1. | Resultados | 51 |
| 3.1.1. | <i>Resultados de la aplicación del diseño factorial 2² para determinar el tratamiento óptimo de obtención del almidón de papa superchola</i> | 51 |
| 3.1.2. | <i>Resultados de la obtención de almidón del pericarpio de maracuyá</i> | 55 |
| 3.1.3. | <i>Resultado del análisis físico químico y microbiológico proximal del almidón a partir de papa superchola</i> | 57 |
| 3.1.4. | <i>Resultado del análisis físico químico y microbiológico proximal del almidón a partir de papa superchola</i> | 58 |

| | | |
|-----------------|---|----|
| 3.1.5. | <i>Resultados de la determinación del tratamiento óptimo según el diseño factorial de la obtención de la biopelícula</i> | 60 |
| 3.1.6. | <i>Resultados de la caracterización de ensayos físicos y mecánicos de la biopelícula.</i> .63 | |
| 3.1.6.1. | <i>Análisis sensorial</i> | 63 |
| 3.1.6.2. | <i>Contenido de humedad</i> | 64 |
| 3.1.6.3. | <i>Espesor</i> | 65 |
| 3.1.6.4. | <i>Permeabilidad</i> | 66 |
| 3.1.6.5. | <i>Ensayo de tracción</i> | 68 |
| 3.1.6.6. | <i>Solubilidad</i> | 68 |
| 3.1.6.7. | <i>Biodegradabilidad</i> | 70 |
| 3.1.6.8. | <i>Aplicación de la biopelícula en un alimento</i> | 75 |
| 3.2. | Pruebas de hipótesis | 76 |
| 3.2.1. | <i>Determinación de la eficacia de la biopelícula obtenida a partir del almidón de la papa superchola y pericarpio de maracuyá</i> | 76 |
| 3.2.2. | <i>Evaluación de los métodos de obtención de almidón de la papa superchola y pericarpio de maracuyá</i> | 77 |
| 3.2.3. | <i>Evaluación de realizar análisis químico proximal a los almidones obtenidos</i> | 77 |
| 3.2.4. | <i>Determinación de diferencias entre las biopelículas obtenidas</i> | 78 |
| 3.2.5. | <i>Determinación de eficacia de la biopelícula aplicada a un alimento</i> | 78 |
| | CONCLUSIONES | 80 |
| | RECOMENDACIONES | 82 |
| | BIBLIOGRAFÍA | |
| | ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|--------------------|---|----|
| Tabla 1-1: | Variedades de papas en Ecuador por zonas de cultivo | 5 |
| Tabla 2-1: | Taxonómicas de la papa superchola..... | 7 |
| Tabla 3-1: | Composición química en 100 gramos de papa | 7 |
| Tabla 4-1: | Composición de la fruta de maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>)..... | 8 |
| Tabla 5-1: | Variedades de maracuyá | 9 |
| Tabla 6-1: | Categorías taxonómicas de la Maracuyá | 11 |
| Tabla 7-1: | Composición química de la cáscara de maracuyá | 12 |
| Tabla 8-1: | Composición química en 100g de jugo de maracuyá | 12 |
| Tabla 9-1: | Porcentaje de almidón en distintos tipos de papas..... | 13 |
| Tabla 10-1: | Tipos de bioplásticos de acuerdo con su origen | 20 |
| Tabla 11-1: | Biopelícula frente al plástico común..... | 20 |
| Tabla 12-1: | Propiedades de polímeros plásticos utilizados para envases de productos alimenticios..... | 21 |
| Tabla 13-1: | Aplicaciones de los bioplásticos | 22 |
| Tabla 1-2: | Identificación de las variables..... | 25 |
| Tabla 2-2: | Operacionalización de las variables que intervienen en la obtención del almidón y formulación de las biopelículas..... | 26 |
| Tabla 3-2: | Matriz de consistencia..... | 27 |
| Tabla 4-2: | Determinación de variables y tratamientos para la extracción del almidón mediante el diseño factorial 2k | 30 |
| Tabla 5-2: | Determinación de variables para la formulación de la biopelícula | 31 |
| Tabla 6-2: | Recursos para recolección de datos..... | 36 |
| Tabla 7-2: | Técnica de extracción del almidón de papa superchola (Método húmedo) | 37 |
| Tabla 8-2: | Técnica de extracción del almidón de pericarpio de maracuyá (Método seco) | 38 |
| Tabla 9-2: | Método para medición de pH..... | 39 |
| Tabla 10-2: | Método para medición de Temperatura de Gelatinización | 39 |
| Tabla 11-2: | Método para medición de Solubilidad..... | 40 |
| Tabla 12-2: | Método para medición de Densidad..... | 41 |
| Tabla 13-2: | Método para medición de Humedad | 41 |
| Tabla 14-2: | Método para medición de Ceniza..... | 42 |
| Tabla 15-2: | Método para medición de Viscosidad | 42 |
| Tabla 16-2: | Método de medición de Fibra | 43 |
| Tabla 17-2: | Método de medición de proteína..... | 44 |
| Tabla 18-2: | Obtención de biopolímeros | 46 |

| | |
|--|----|
| Tabla 19-2: Método para medición de Análisis sensorial | 47 |
| Tabla 20-2: Método para medición de espesor de la biopelícula | 47 |
| Tabla 21-2: Método de evaluación de permeabilidad de la biopelícula | 47 |
| Tabla 22-2: Método para medición de Humedad | 48 |
| Tabla 23-2: Método de determinación de la solubilidad de la biopelícula..... | 49 |
| Tabla 24-2: Método para medición el Tiempo de Degradación..... | 49 |
| Tabla 1-3: Resultados de la aplicación del diseño factorial 2 ² para determinar el mejor rendimiento del almidón de papa superchola. | 52 |
| Tabla 2-3: Análisis de resultados ANOVA para la extracción de almidón de papa superchola | 53 |
| Tabla 3-3: Resultado de la obtención del almidón del pericarpio de maracuyá..... | 55 |
| Tabla 4-3: Resultados del análisis químico proximal del almidón de papa superchola | 57 |
| Tabla 5-3: Resultados del análisis químico proximal del almidón del pericarpio de Maracuyá | 58 |
| Tabla 6-3: Resultado de las cantidades totales a usar para obtener la biopelícula | 60 |
| Tabla 7-3: Resultado del análisis factorial 22 de la obtención de las biopelículas..... | 61 |
| Tabla 8-3: Análisis ANOVA de resultados de la formulación de la biopelícula (Espesor).... | 62 |
| Tabla 9-3: Resultado del análisis sensorial de los 4 tratamientos para la obtención de la biopelícula | 63 |
| Tabla 10-3: Resultados del ensayo de determinación de humedad de la biopelícula..... | 64 |
| Tabla 11-3: Resultados del ensayo de determinación de espesor de la biopelícula | 65 |
| Tabla 12-3: Resultados del ensayo de determinación de permeabilidad de la biopelícula..... | 66 |
| Tabla 13-3: Resultados de la prueba de tracción de la biopelícula | 68 |
| Tabla 14-3: Resultados del ensayo de determinación de solubilidad de la biopelícula..... | 68 |
| Tabla 15-3: Resultados de la biodegradación de la biopelícula en Agua..... | 70 |
| Tabla 16-3: Resultados de la biodegradación de la biopelícula en Aire | 72 |
| Tabla 17-3: Resultados de la biodegradación de la biopelícula en Suelo | 74 |
| Tabla 18-3: Análisis sensorial de la papaya envuelta en la biopelícula obtenida..... | 75 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|---------------------|--|----|
| Figura 1-1. | Papa Súperchola | 7 |
| Figura 2-1. | Cultivo de maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>)..... | 8 |
| Figura 3-1. | Maracuyá amarillo | 9 |
| Figura 4-1. | Maracuyá amarillo | 9 |
| Figura 5-1. | Maracuyá amarillo (<i>Passiflora edulis</i> Sims var. <i>flavicarpa</i>) | 9 |
| Figura 6-1. | Partes de la fruta de maracuyá | 10 |
| Figura 7-1. | Diagrama de flujo de obtención de almidón de papa | 15 |
| Figura 8-1. | Diagrama de proceso de extracción de almidón por método seco | 15 |
| Figura 9-1. | Estructura química de la Amilosa | 16 |
| Figura 10-1. | Estructura química amilopectina..... | 17 |
| Figura 11-1. | Cambios en el almidón durante el calentamiento con agua..... | 18 |
| Figura 12-1. | Polímeros procedentes de fuentes renovables | 19 |
| Figura 1-2. | Diagrama de flujo de la obtencion de almidón de papa superchola | 32 |
| Figura 2-2. | Diagrama de flujo de la obtencion de almidón de pericarpio de Maracuyá..... | 33 |
| Figura 3-2. | Diagrama de flujo de la obtención de la biopelícula | 34 |
| Figura 1-3. | Tratamientos en la obtención de almidón de papa superchola | 54 |
| Figura 2-3. | Sacado a temperatura ambiente de pericarpio de maracuyá para la obtención del almidón..... | 56 |
| Figura 3-3. | Biopelícula obtenida aplicando el tratamiento (TB3) | 63 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | | |
|---------------------|--|----|
| Gráfico 1-1. | Clasificación de los almidones | 14 |
| Gráfico 2-1. | Capacidad global de producción de bioplástico | 22 |
| Gráfico 1-2. | Matriz de experimentos para los diseños factoriales 2^2 , 2^3 y 2^4 | 30 |
| Gráfico 1.3. | Diagrama de caja para los 4 tratamientos en la obtención del almidón de papa superchola..... | 54 |
| Gráfico 2.3. | Diagrama de caja para los 4 tratamientos en la obtención de la biopelícula | 62 |
| Gráfico 3-3. | Análisis gráfico de la humedad obtenida en las diferentes biopelículas | 64 |
| Gráfico 4-3. | Análisis gráfico del espesor de la biopelícula obtenida | 66 |
| Gráfico 5-3. | Análisis gráfico de Permeabilidad de la biopelícula obtenida | 67 |
| Gráfico 6-3. | Análisis gráfico de la solubilidad obtenida en las diferentes biopelículas | 69 |
| Gráfico 7-3. | Resultados de la biodegradación en agua | 71 |
| Gráfico 8-3. | Resultado de la biodegradación en aire | 73 |
| Gráfico 9-3. | Resultado de la biodegradación suelo | 75 |

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** RECEPCIÓN Y LAVADO DE PAPA SUPERCHOLA Y PERICARPIO DE MARACUYÁ
- ANEXO B:** EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA (*Solanum tuberosum L.*)
- ANEXO C:** EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA Y PERICARPIO DE MARACUYÁ
- ANEXO D:** EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE PERICARPIO DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*)
- ANEXO E:** ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA Y PERICARPIO DE MARACUYÁ
- ANEXO F:** CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN OBTENIDO
- ANEXO G:** CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN OBTENIDO
- ANEXO H:** CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA (*Solanum tuberosum L.*) Y PERICARPIO DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*)
- ANEXO I:** OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA Y PERICARPIO DE MARACUYÁ
- ANEXO J:** CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE BIOPELÍCULA OBTENIDA
- ANEXO K:** CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE BIOPELÍCULA OBTENIDA
- ANEXO L:** CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE BIOPELÍCULA OBTENIDA
- ANEXO M:** APLICACIÓN DE LA BIOPELÍCULA OBTENIDA EN UNA PAPAYA
- ANEXO N:** INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 1
- ANEXO O:** INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 2
- ANEXO P:** INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 3
- ANEXO Q:** INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 4

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue obtener una biopelícula a partir del almidón de la papa superchola (*Solanum tuberosum* L.) y pericarpio de maracuyá (*Passiflora edulis*) para uso en el embalaje de alimentos. El proceso empezó con la extracción de los almidones, para la papa superchola por el método húmedo que consistió en lavar, trocear, licuar, filtrar, decantar, secar y tamizar; el método seco para el pericarpio de maracuyá que consistió en: lavar, picar, secar y tamizar; basándose en el diseño factorial 2k donde las variables fueron las revoluciones por minuto de la licuadora y el tiempo de licuado, así obteniendo cuatro repeticiones por cada una de los cuatro tratamientos, a continuación se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica a los almidones. Para la elaboración y formulación de las biopelículas también se basó en el diseño factorial 2k considerando como las variables, el volumen del plastificante y el porcentaje de almidón del pericarpio de maracuyá, una vez obtenido las biopelículas se analizó los parámetros físicos y mecánicos de este material. Según el análisis de varianza (ANOVA) tanto para la obtención de los almidones como en la obtención de la biopelícula no se encuentra diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, los análisis fisicoquímicos mostraron que, el almidón de la papa superchola presentó mayor cantidad de amilopectina (95,27%) que el almidón del pericarpio de maracuyá (76,79%), en los análisis físicos y mecánicos de la biopelícula mostro que mayor degradación ocurre en un medio acuoso llegando hasta el 96,91% de materia degradada, en el ensayo de tracción el tratamiento dos fue quien obtuvo mayor módulo de flexión (22,90 MPa). Se concluye que la biopelícula obtenida puede ser usada para el embalaje de alimentos. Se recomienda mejorar las propiedades físicas y mecánicas de la biopelícula para una mejor conservación del alimento.

Palabras clave: <INGENIERÍA QUÍMICA>, <PAPA SUPERCHOLA (*Solanum tuberosum* L.)>, <MARACUYÁ (*Passiflora edulis*)>, <ALMIDÓN>, <CARACTERIZACIÓN>, <FORMULACIÓN>, <BIOPELÍCULA>, <EMBALAJE DE ALIMEMNTOS>.

LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2022.02.17 09:24:56 -05'00'



1580-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The objective of this research was to obtain a biofilm from the starch of the superchola potato (*Solanum tuberosum* L.) and passion fruit (*Passiflora edulis*) pericarp for use in food packaging. The process started with the extraction of the starches, for the superchola potato by the wet method which consisted of washing, chopping, blending, filtering, decanting, drying and sieving; the dry method for the passion fruit pericarp which consisted of: washing, chopping, drying and sieving; based on the 2k factorial design where the variables were the revolutions per minute of the blender and the blending time; this way four replicates were obtained for each of the four treatments; then, the physicochemical and microbiological characterization was performed to the starches. For the elaboration and formulation of the biofilms the 2k factorial design was also a basis, considering as variables, the volume of plasticizer and the percentage of starch in the passion fruit pericarp; once the biofilms were obtained, the physical and mechanical parameters of this material were analyzed. According to the analysis of variance (ANOVA) both for obtaining the starches and for obtaining the biofilm, no significant differences were found between the different treatments, the physicochemical analyses showed that the starch from the superchola potato had a greater amount of amylopectin (95.27%) than the starch from the passion fruit pericarp (76.79%) The physical and mechanical analysis of the biofilm showed that greater degradation occurred in an aqueous environment, reaching up to 96.91% of degraded matter. In the tensile test, treatment two obtained the highest flexural modulus (22.90 MPa). It is concluded that the biofilm obtained can be used for food packaging. It is recommended to improve the physical and mechanical properties of the biofilm for a better food preservation.

Keywords: <CHEMICAL ENGINEERING>, <SUPERCHOLA POTATO (*Solanum tuberosum* L.)>, <PASSION FRUIT (*Passiflora edulis*)>, <STARCH>, <<CHARACTERIZATION>, <FORMULATION>, <BIOFILM>, <FOOD PACKAGING>.

ANA GABRIELA REINOSO ESPINOSA
Firmado digitalmente
por ANA GABRIELA
REINOSO ESPINOSA
Fecha: 2022.03.14
17:31:58 -05'00'

INTRODUCCIÓN

Las biopelículas son compuestos de origen natural cuya obtención se realiza a partir de recursos naturales, además son de bajo costo y tienen propiedades biodegradables. Son considerados como una solución para disminuir la contaminación causada por los plásticos obtenidos por polimerización de compuestos derivados de petróleo.

El presente trabajo de investigación “Obtención de una biopelícula a partir de la papa superchola (*solanum tuberosum L.*) y pericarpio de maracuyá (*passiflora edulis*) para el embalaje de alimentos”, tiene como objetivo la obtención de almidón o material polimérico de la papa superchola y pericarpio de maracuyá mediante el método húmedo y seco respectivamente. Se emplea conservantes y aditivos para la síntesis de la biopelícula ideal, que ayuda a mejorar la calidad de vida útil de la biopelícula.

Hace más de 150 años el plástico fue inventado, iniciando así una masiva producción de este nuevo material, puesto que se presentaba como un material ligero, resistente y barato. La producción del plástico ha crecido exponencialmente, en 1950 la producción mundial fue de 2,3 millones de toneladas mientras que en el 2015 fue de 407 millones de toneladas. Estudios demuestran que del plástico producido, alrededor del 79% terminan en vertederos o en entornos naturales, además ahora mismo el 57% del plástico producido a nivel mundial es abandonado principalmente por países donde no hay gestión de residuos o la gestión de estos es pobre.

Los principales sectores de aplicación de los plásticos son los envases comerciales, industriales y domésticos con el 40%, al que le sigue la industria de la construcción con 20% y por último la industria de los automóviles con 10%. El resto se divide en 6% para la industria de la electricidad, 4% para artículos de hogar y deporte, 3% para la agricultura y el 17% restante para otros.

Para el 2050 se estima que el uso del plástico será 4 veces mayor y hoy en día los plásticos están presentes en todos los sectores de la economía global y muestra una tendencia a crecer con respecto a la economía mundial. Esto ha traído consigo problemas de contaminación de gran nivel y en diversos ecosistemas, el sistema más afectado sin duda ha sido el acuático que es donde llegan la mayoría de estos residuos. En el Ecuador el estudio de los plásticos biodegradables comenzó en el 2010 como alternativa al uso masivo del plástico, esto debido a que algunos productos agrícolas aportan con material polimérico. En las regiones ecuatorianas sierra y costa, debido a su localizaciones geográfica, reúnen todas las condiciones necesarias para el desarrollo de los cultivos; en la sierra para la papa superchola (*Solanum tuberosum L.*) que proviene de los cruzamientos realizados con las variedades (*Curipamba negra x Solanum demissum*) y la costa para el maracuyá (*Passiflora edulis*), por lo que en este trabajo de investigación se pretende obtener el material polimérico de los dos productos agrícolas para conseguir la biopelícula que posea características idóneas para su aplicación en el embalaje de alimentos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

Desde hace varios años las investigaciones relacionadas a la obtención de un plástico biodegradable han crecido considerablemente, esto debido a las consecuencias que el plástico derivado del petróleo ha ocasionado en el medio ambiente. Es así que se ha convertido en un material casi omnipresente. Se encuentra en botellas, envases, en el textil de la ropa, como ingrediente de cosméticos, en la agricultura, la construcción, utensilios y objetos, entre otros. Es por eso que las nuevas investigaciones se enfocan en crear un plástico amigable con el medio ambiente, es decir; que se degrade al poco tiempo de su uso.

Los bioplásticos se plantean como una importante innovación que se basa en ocupar recursos renovables o biodegradables y a su vez generan gran interés en la sociedad, en la industria de los plásticos y en el sector agrícola ya que, en este, el uso masivo de bioplásticos supondría una salida de sus productos hacia un nuevo mercado del sector agroalimentario, ampliando nuevas oportunidades de negocio (Rio y Ochoa, 2006, p. 20).

Escribano Victor Manuel en su investigación “Desarrollo y caracterización de un bioplástico a partir de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*)” presenta como objetivo la obtención de un bioplástico a partir de cáscara de maracuyá y como aditivo plastificante fue la glicerina, este autor menciona que una propiedad mecánica como es el espesor aumenta al agregar más glicerina además el bioplástico sintetizado de cáscara de maracuyá demostró ser más resistente pero menos flexibles y la formulación basada en una mezcla de cáscara de maracuyá y glicerina obtuvieron resultados de ser menos resistentes a tracción y elongación por lo que los resultados apuntan a que el bioplástico tenían alto contenido de absorción de agua y buenas propiedades mecánicas y estas cumplieron con la Norma UNE-EN 13432:2001.33 que se planteó. Con respecto a la biodegradabilidad, se conoció que en el día 43 perdió el 93% de masa inicial en compostaje, por lo que fue un producto biodegradable. Los resultados obtenidos en la investigación mostró una alternativa para dar valor agregado a los residuos agroindustriales, en la elaboración de bioplástico para utilización en las diferentes aplicaciones industriales (Escribano, 2020, p. 2).

En la investigación de Chariguaman Jimmy, que tiene como tema: “Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis* spp.)” donde el objetivo de esta investigación fue de elaborar un bioplástico reforzado con fibra de maracuyá, aplicando el método de casting. En esta investigación el autor trabajó con la metodología denominado: diseño factorial donde define a las variables independientes: la concentración de harina de albedo de maracuyá, glicerol y proporción de almidones de maíz con

respecto al de yuca mientras que las variables dependientes que evaluó fueron: espesor, propiedades de barrera, propiedades ópticas y propiedades mecánicas. Para las unidades experimentales estableció: 8 puntos factoriales, 6 puntos axiales con 6 repeticiones. El autor llega a la conclusión; que al añadir harina de maracuyá en la formulación de la película éste representa un efecto positivo ampliamente para las propiedades mecánicas del bioplástico, esto se pudo obtener con una composición de 2.83% de harina de maracuyá, 49.5% de glicerol y una relación de 50 a 50 de almidón de maíz como la de yuca (Chariguamán, 2015, p. 3).

Guamán Jenny Marcela en su investigación en el 2019 “Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial” Utiliza el diseño factorial 2^2 por medio del Software Statgraphics Centurion XVII, donde los bioplásticos obtenidos fueron sometidos a análisis sensorial que le permitió estimar la formulación más óptima, además comparó las biopelículas en base al almidón extraído y almidón comercial donde el bioplástico obtenido con base de almidón extraído presentó mejores cualidades en la evaluación mecánica. Los resultados indicaron que el bioplástico producido en el laboratorio exhibe propiedades físicas y mecánicas similares a los plásticos tradicionales (Guamán, 2019, p. 5).

En la investigación de Chulde Melani Damaris, “Elaboración de una película biodegradable a partir de almidón extraído de residuos de dos diferentes variedades de papas industrializadas”, en ésta investigación el autor obtiene el almidón a partir del método de decantación, se realizó pruebas de pureza para obtener la biopelícula mientras que para la formulación utilizó: Glicerina, ácido acético, agua destilada y almidón, a continuación, realizó pruebas físico-mecánicas de su biopelícula obtenida y llega a la conclusión de que la mejor biopelícula obtenida fue de una formulación de 0% de ácido acético, 40% de glicerina, y 10% de almidón de papa superchola con un factor de rotura de 668 N/m, fuerza de tensión de 2,82 Mpa y elongación de rotura de 28%. (Chulde, 2020, p. 4).

1.2. Marco teórico

1.2.1. Papa

Su nombre científico: *Solanum Tuberosum L* y es un tubérculo comestible que posee un gran contenido de carbohidratos, es el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo, se estima que existen cerca de 5000 variedades de papa (Roman y Hurtado, 2002, p. 7).

La papa es uno de los cultivos más importantes en el Ecuador por su aporte nutricional, por el valor económico de su producción y porque es una ayuda de ingreso para los agricultores, en el Ecuador el cultivo de la papa se distribuye en la región interandina, siendo las principales productoras las provincias de Carchi, Chimborazo, Tungurahua, Pichincha, Cotopaxi y Cañar. A nivel sudamericano Colombia y Venezuela producen los rendimientos más altos en producción de papa (16 toneladas por hectárea) mientras que los rendimientos bajos los ocupa Bolivia (6 t/ha) y Ecuador (7 t/ha) (Andrade, 1998, p. 2).

1.2.2. Origen

El primer hecho histórico escrito que menciona a la papa fue por Pedro Cieza de León en 1538 primero en la parte alta del valle del Cuzco, Perú y posteriormente en Quito, Ecuador donde la mayor diversidad genética de papa (*Solanum tuberosum*) se concentra en las tierras altas de los Andes de América del sur (Pumisacho y Sherwood, 2002, p. 19-20).

La papa se desarrolló y cultivó por primera vez a los costados del Lago Titicaca, cerca de la frontera actual entre Perú y Bolivia, según los documentos arqueológicos y etnológicos, las poblaciones andinas empezaron a comer papas silvestres 3.000 a 4.000 años antes de nuestra era (Carmen y Monteros, 2005, p. 21).

1.2.3. Variedades de papa en Ecuador

En Ecuador se pueden encontrar más de 400 variedades de las papas y donde las más producidas son las papas nativas que son cultivadas sobre los 3000 metros sobre el nivel del mar, a esta altura la fuerte radiación solar y los suelos orgánicos andinos ayudan a éstas papas un crecimiento especial, de las cuales INAP-Gabriela y Superchola son las cultivadas ya que representan más del 50% de sembríos mientras que algunas de las variedades nativas de papa se encuentran en una situación delicada tanto por el lado de la oferta como de la demanda ya que su presencia en los mercados ha sido limitada por el ingreso de papa de otro país, el conocimiento de siembra y el hábito de consumo ha bajado considerablemente (Carmen y Monteros, 2005, p. 18).

Las variedades de papase dividen en dos grandes grupos: Las nativas y mejoradas.

- Papa nativa: son el resultado de un proceso de domesticación, selección y conservación ancestral (Pumisacho y Sherwood, 2002, p. 36).

- Papa mejorada: Esta variedad de papa es el resultado de un proceso de mejoramiento genético que hace que posea mayor potencial de rendimiento, resistencia a enfermedades y buena calidad (Andrade, 1998, p. 3).

Tabla 1-1: Variedades de papas en Ecuador por zonas de cultivo

| Zona de cultivo: Norte | |
|--|--|
| Provincias de Carchi e Imbabura | |
| Variedades de papa de la zona | Características de la zona |
| <ul style="list-style-type: none"> • Chola • Superchola • Gabriela • Esperanza • María • Fri papa 99 • ICA-Capiro • Margarita • Ormus • Yema de Huevo (Chauchas) | <p>Esta zona posee la mayor producción general de papa del país por área a nivel nacional su rendimiento promedio de producción es 21.7 t/ha. En la provincia de Carchi solamente el 25% de su territorio es destinado al cultivo de este producto y aun así representa el 40% de cosecha anual del país, pues dispone de una diversidad de climas que permite cultivar desde papa en la parte de mayor altura sobre el nivel del mar, hasta frutales en la parte baja. El área de producción de papa de la provincia se divide a lo largo de las cordilleras oriental y occidental con una altura desde los 2.800 hasta los 3.200 m.s.n.m.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Variedades de piel clara, carne crema y alto contenido de materia seca. |
| Zona de cultivo: Centro | |
| Provincias de Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo | |
| Variedades de papa de la zona | Características de la zona |
| <ul style="list-style-type: none"> • Chola • Uvilla • Santa Catalina • Esperanza • Gabriela • María • Margarita • Rosita • Santa Isabel • Superchola • Yema de Huevo • Fri papa • Cecilia-Leona | <p>La provincia de Chimborazo es la que mayor extensión de tierra destina para el cultivo de la papa a nivel nacional a pesar de que los rendimientos en esta provincia no son satisfactorios dado que son inferiores a 11 t/ha. Esta zona se caracteriza por su clima que es muy irregular esto debido a sus variaciones de altitud que están entre 2200 a 3600 metros sobre el nivel del mar y con climas entre 6 y 15 °C.</p> <p>En Chimborazo se sitúan tres zonas productoras de papa: El sector de la cordillera central contiene al cantón Guano, en el cual se siembra todo el año. La zona occidental contiene a los cantones Colta y Riobamba, en los cuales la siembra se realiza en los meses de octubre y diciembre y la región nororiental contiene al cantón Chambo, en el cual la siembra se da desde los meses de mayo a junio.</p> |

- Variedades de piel rosada, carne amarilla y con alto contenido de materia seca.

Zona de cultivo: Sur

Provincias de Cañar, Loja y Azuay

| Variedades de papa de la zona | Características de la zona |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Uvilla • Bolona • Santa Catalina • Esperanza • Soledad Cañari • Gabriela | <p>En esta zona las provincias de Loja y Azuay la producción de papa es casi nula y el cultivo es de poco interés en especial porque en esta zona no existe la presencia de lluvias considerables que ayuden a este cultivo. En cuanto a la provincia de Cañar ésta se caracteriza por ser una provincia productora de papa donde este cultivo se siembra por los 2000 metros sobre el nivel del mar. La producción de papa en este sector está entre las más bajas del país con un rendimiento de 8 a 10 t/ha.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Variedades que tienen piel clara, forma esférica, carne amarillo-crema y alto contenido de materia seca. |

Fuente: (Pumisacho y Sherwood, 2002, p. 42).

1.2.4. Papa Superchola (*Solanum tuberosum* L)

Esta variedad es el resultado de la selección a partir de los cruzamientos o mejora de la papa “Rosita” y “Curipamba Negra” en 1968 así dando origen a “Curicana” que a continuación fue cruzada con *Solanum phureja* y como resultado se obtuvo un híbrido, a su vez éste fue cruzado con Chola de la cual se seleccionaron tres genotipos más importantes, se recruzaron entre sí originando a la variedad “Superchola”. Esto fue realizado por el Sr. Germán Bastidas Vaca en el cantón Montúfar, Carchi esta constituye una papa para consumo fresco como sopas y puré y para procesamiento como puede ser papa frita en forma de hojuelas y de tipo francesa. Esta variedad de papa se comenzó a comercializar en el mercado en 1984 y el rendimiento de este producto es de 30 (Taramuel, 2017, p. 20).

1.2.4.1. Características morfológicas

La planta de papa superchola (*Solanum tuberosum* L.) es de crecimiento erecto, con numerosos tallos verdes, con pigmentación púrpura, bien desarrollados y pubescentes, además follaje frondoso de desarrollo rápido que cubre bien el terreno, hojas de color verde intenso y abiertas, flores de color morado, los tubérculos son medianos, elípticos a ovalados y con respecto a su piel es rosada y lisa, con ojos superficiales y pulpa amarilla pálida (MAGAP, 2018, p. 2).



Figura 1-1. Papa Súperchola

Fuente: (MAGAP, 2018, p. 1).

1.2.4.2. Taxonomía de la Papa Superchola

Tabla 2-1: Taxonómicas de la papa superchola

| Descripción | Característica |
|-------------|--------------------------|
| Familia | Solanaceae |
| Género | Solanum |
| Subgénero | Potatoe |
| Sección | Petota |
| Serie | Tuberosa |
| Especie | <i>Solanum tuberosum</i> |
| Subespecie | Andígena |

Fuente: (Pumisacho y Sherwood, 2002, p. 44).

1.2.4.3. Composición química de la papa Superchola

Tabla 3-1: Composición química en 100 gramos de papa

| Componente | Cantidad | Unidades |
|--------------|----------|----------|
| Agua | 74,50 | g |
| Proteína | 2,20 | g |
| Grasa | 0,20 | g |
| Carbohidrato | 22,30 | g |
| Fibra | 0,60 | g |
| Ceniza | 1,10 | g |
| Calcio | 9,00 | g |
| Fosforo | 47,00 | mg |
| Hierro | 0,50 | mg |
| Retinol | 3,00 | mg |
| Tiamina | 0,09 | mg |
| Riboflavina | 0,09 | mg |

| | | |
|--------------------------|-------|----|
| Niacina | 1,67 | mg |
| Ácido Ascórbico Reducido | 14,00 | mg |

Fuente: (Roman y Hurtado, 2002, p. 9).

1.2.5. Maracuyá (*Passiflora edulis*)

El maracuyá es un cultivo cuya demanda ha ido creciendo sobre todo en Europa y los Estados Unidos de América, la mayoría de los investigadores manifiestan en que el maracuyá es nativo de Brasil pues este país posee unas 150-200 especies de las 465 del género *Passiflora*. en la región amazónica y de ahí introducida en otros países. El maracuyá es una planta enredadera, fornida y leñosa perenne, de tallos verdes aristados que alcanzan entre 20 y 50 m de largo, glabros y acanalados en su parte superior (Valarezo et al., 2014, p. 13).



Figura 2-1. Cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*)

Fuente: (Valarezo et al., 2014, p. 30).

El maracuyá se desarrolla bien en lugares con temperatura promedio de 21°-24°C, a una altura que va de desde el nivel del mar hasta 1000 m de altitud y como cultivo necesita de 80 a 120 mm de precipitación mensual como mínimo (García, 2002, p. 12).

El maracuyá opta por suelos profundos, ligeramente ácidos (pH 5.5 a 6.5), que cuenten con buen drenaje y que sean ricos en materia orgánica, de textura media, ligeramente inclinado (1-2%, y un máximo de 20%) (Alfonso, 2006, p. 7).

Tabla 4-1: Composición de la fruta de maracuyá (*Passiflora edulis*)

| Cascara (%) | Jugo (%) | Semillas (%) |
|-------------|----------|--------------|
| 50 – 60 | 30 - 40 | 10 - 15 |

Fuente: (Alfonso, 2006, p. 1).

1.2.5.2. Variedades

El maracuyá presenta dos variedades botánicas cultivadas:

Tabla 5-1: Variedades de maracuyá



| Variedad | Característica | Gráfico |
|--|--|--|
| El maracuyá amarillo (<i>Passiflora edulis Sims var. flavicarpa</i>), “Yellow Passion Fruit” | Esta variedad crece bien desde el nivel del mar hasta los 1000 metros sobre el nivel del mar (msnm). Los frutos maduros son grandes; 5-6 cm de diámetro y de color amarillo canario, tiene mayor grado de acidez que la variedad morada. |  |
| El maracuyá morado (<i>Passiflora edulis Sims var. purpurea</i>), “Purple Passion Fruit” | Se comporta mejor en zonas altas y templadas por encima de los 1200 msnm. Las frutas tienen una forma redonda, con un diámetro de 3-5 cm, que al llegar a la madurez presentan un color púrpura oscuro. Esta variedad tiene un mejor sabor y aroma que el maracuyá amarillo. |  |

Figura 3-1. Maracuyá amarillo

Fuente: (Valarezo et al., 2014, p. 25).

Figura 4-1. Maracuyá morado

Fuente: (Valarezo et al., 2014, p. 26).

Fuente: (Alfonso, 2006, p. 1).

1.2.5.3. Fruta de maracuyá



Figura 5-1. Maracuyá amarillo (*Passiflora edulis Sims var. flavicarpa*)

Fuente: (IcaAgroindustrial, 2020, p. 3).

El fruto de maracuyá tiene una forma ovoide que puede medir entre 8 a 13 cm de diámetro, la fruta es de color amarillo en su estado de madurez y con una consistencia fuerte, lisa y cerosa. En el interior está formado por múltiples semillas pequeñas, negras y planas de forma oval, cada una está rodeada de un arilo que contiene el líquido con propiedades aromáticas, vitaminas y minerales (Escribano, 2020, p. 5).

Las condiciones climáticas y el suelo rico en materia orgánica hacen que en Ecuador reúna todas las condiciones para el cultivo del maracuyá. Las áreas donde es sembrado el maracuyá en su mayoría están localizadas en la región costa en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Guayas, Santa Elena, El Oro y Santo Domingo de los Tsáchilas. Esta fruta está presente durante todo el año, pero en mayor proporción los meses de abril a junio y octubre (Chariguamán, 2015, p. 51).

1.2.5.4. Partes de la fruta

Se denomina pericarpio a la pared del ovario transformada en fruto es decir todo lo que recubre a la semilla, en el pericarpio se distinguen tres estratos celulares o capaz que van de afuera hacia adentro.

Uno exterior: de origen epidérmico, llamado epicarpio que es normalmente una capa delgada coloreada que, aunque endurecida no suele ser leñosa.

El intermedio: de índole parenquimático, llamado mesocarpio este suele estar construido por muchas células grandes y suele ser la parte succulenta de las frutas.

Y el interno: de naturaleza epidérmica, llamada endocarpio puede bien tener una consistencia parecida a la del mesocarpio o endurecerse mucho (López, 2554, p. 31).

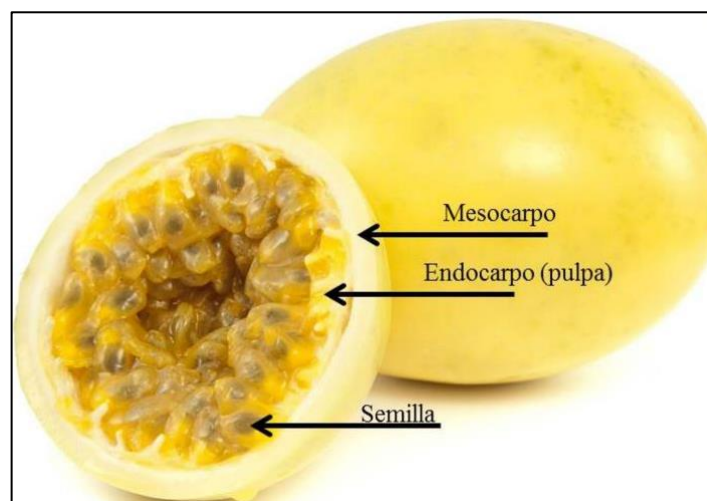


Figura 6-1. Partes de la fruta de maracuyá

Fuente: (Rentería, 2014, p. 40).

Fundamentalmente el pericarpio de maracuyá como se puede observar en la Figura 6-1 es todo lo que recubre a la semilla es decir toda la cáscara, ésta es la materia prima para la obtención del almidón.

1.2.5.5. Usos del maracuyá

El uso principalmente del maracuyá es para aprovechar el jugo que contiene el fruto, este puede ser consumido como refresco o industrializado para la obtención de licores, dulces, jaleas y concentrados, la venta del maracuyá ha ido incrementándose en todo el mundo, porque presenta fuentes de vitaminas, minerales, fibra y sustancias antioxidantes que reducen los radicales libres que ayuda a combatir algunos tipos de enfermedades, por lo que la producción de maracuyá en el Litoral ecuatoriano representa ingresos económicos importantes para sus agricultores (Valarezo et al., 2014, p. 20).

La cáscara es usada para la alimentación de ganado, pues es rica en aminoácidos, proteína, carbohidratos y pectinas, la pectina es un elemento muy usado para la industria alimenticia (García, 2002, p. 15).

El maracuyá presenta en mayor porcentaje su cascara que el jugo que se puede aprovechar, es por esto que los residuos del procesamiento industrial del maracuyá, se utilizan como agentes de refuerzo en la elaboración de películas de almidón debido a tienen altos contenidos de fibra que ayudan a mejorar las características físicas y mecánicas del bioplástico, también ayuda a su estabilidad térmica, a disminuir la absorción de humedad y a evitar la recristalización del almidón por la interacción entre la fibra y el almidón termoplástico (Kaewtatip y Thongmee, 2012, p. 20).

Cuando en la elaboración de las biopelículas se hace uso únicamente de almidones de cereales o tubérculos sin ningún otro aditivo se obtiene películas frágiles y quebradizos que no son óptimas y con la agregación de fibras u otros materiales a la matriz del bioplástico como el almidón del pericarpio de maracuyá puede ayudar a las características físicas y químicas de las biopelículas (Paspuel, Ruano y Osorio, 2016, p. 34).

1.2.5.6. Taxonomía de la Maracuyá (*Passiflora edulis*)

Tabla 6-1: Categorías taxonómicas de la Maracuyá

| Descripción | Característica |
|-------------|-----------------|
| Familia | Passifloraceae |
| Género | Passiflora |
| División | Angiospermas |
| Clase | Dicotiledoneas |
| Subclase | Archichlamydeae |

| | |
|-------------------|--|
| Nombre científico | <i>Passiflora edulis</i> |
| Nombre vulgar | Maracuyá pasionaria, fruta de la pasión, parchita |
| Especie | Passiflora edulis forma flavicarpa |

Fuente: (Tapia-Toapanta, 2013, p. 4).

1.2.5.7. Composición química de la cáscara de maracuyá

Tabla 7-1: Composición química de la cáscara de maracuyá

| Nombre | En base seca (%) |
|-----------------------------------|------------------|
| Extracto libre de nitrógeno (ELN) | 44,53 |
| Calcio | 0,37 |
| Fósforo | 0,12 |
| Celulosa | 26,72 |
| Hemicelulosa | 9,11 |

Fuente: (Luna, 2014, p. 11).

1.2.5.8. Composición química en 100 g de jugo de maracuyá

Tabla 8-1: Composición química en 100g de jugo de maracuyá

| Componente | Cantidad | Unidades |
|---------------------|----------|----------|
| Valor energético | 78,00 | Cal |
| Humedad | 85,00% | |
| Proteínas | 80,00% | |
| Grasas | 0,60 | g |
| Hidratos de carbono | 2,40 | g |
| Fibra | 0,20 | g |
| Calcio | 5,00 | mg |
| Hierro | 0,30 | mg |
| Fosforo | 18,00 | mg |
| Vitamina A activa | 684,00 | mg |
| Tiamina | Trazas | |
| Riboflavina | 0,10 | mg |
| Niacina | 2,24 | mg |
| Ácido ascórbico | 20,00 | mg |

Fuente: (García, 2002, p. 13).

1.2.6. Almidón

El almidón es un polímero natural que las plantas sintetizan durante la fotosíntesis además es un gran hidrato de carbono y es una reserva de energía esta es el resultado de la mezcla de dos polisacáridos, como son: la amilosa y la amilopectina. Las fuentes más importantes de almidón son: el maíz, trigo, papa, yuca, ñame y entre otros. El contenido en amilosa puede tener variaciones según el origen del almidón y suele estar comprendido entre el 17 - 35% en peso (Guamán, 2019, p. 11).

El almidón es el carbohidrato más abundante después de la celulosa, en su estado nativo está compuesto por gránulos cristalinos insolubles en agua. Está combinado por un polímero lineal denominado amilosa, un polímero ramificado denominado amilopectina este polímero están unidos con enlaces de hidrogeno. La capacidad del almidón para formar geles (amilosa) y películas hacen que en la aplicación de la obtención de bioplásticos basándose en las propiedades físicas y químicas sea eficaz (Chariguamán, 2015, p. 11).

Tabla 9-1: Porcentaje de almidón en distintos tipos de papas

| Variedad de papa | Almidón base humedad (%) | Humedad (%) | Almidón base seca (%) |
|------------------|--------------------------|-------------|-----------------------|
| Yema de huevo 1 | 13,99 | 74,80 | 55,51 |
| Superchola | 19,41 | 74,41 | 75,87 |
| Roja | 14,69 | 79,42 | 71,39 |
| Violeta | 14,04 | 70,68 | 47,91 |
| Esperanza | 10,73 | 77,81 | 48,59 |
| Capiro | 15,10 | 78,90 | 71,55 |

Fuente: (Guamán, 2019, p. 8).

1.2.6.1. Clasificación de los almidones

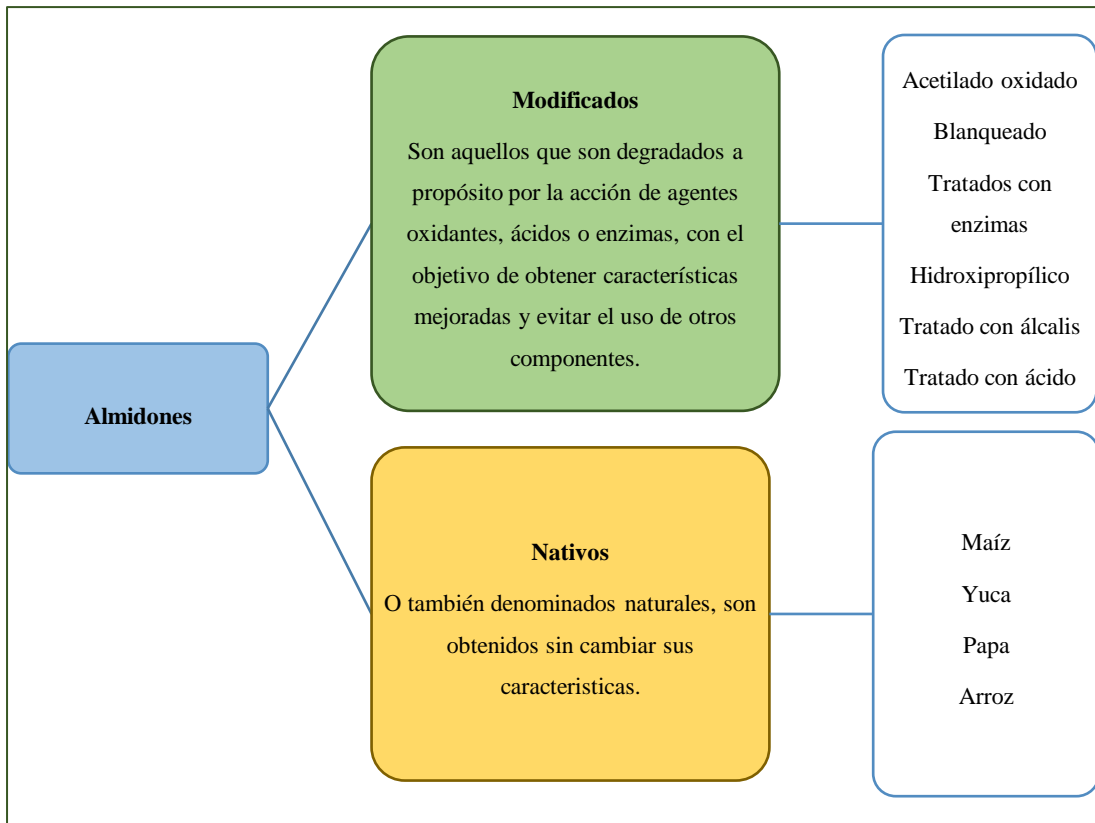


Gráfico 1-1. Clasificación de los almidones

Realizado por: Efrén Guamán, 2021.

1.2.6.2. Almidón de papa

El almidón de papa se caracteriza por ser un polvo fino blanquecino de muy buena textura, sin sabor y sin olor, el cual brinda una mayor viscosidad en comparación con los almidones de maíz y de trigo (Escribano, 2020, p. 14).

En la Figura 7-1 se muestran las etapas de obtención del almidón de papa descritas por (Guamán, 2019, p. 15), donde el primer paso que realiza es el pesado de la materia prima, sigue el desintegrado donde la papa es licuado para luego seguir con la filtración, una vez filtrado la solución obtenida se deja precipitar, extrae agua sobrenadante de la solución y finalmente seca el almidón.

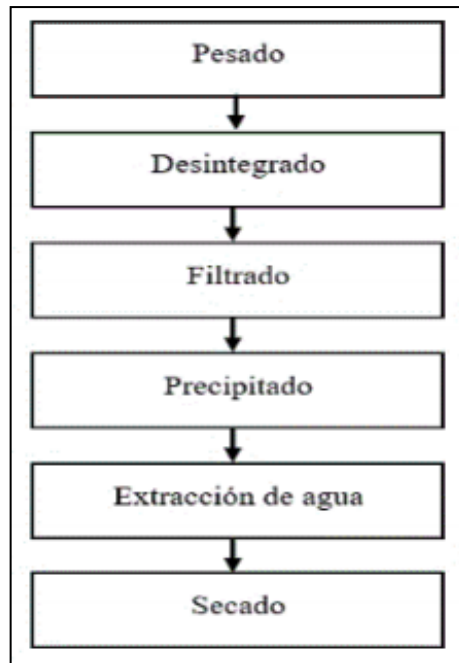


Figura 7-1. Diagrama de flujo de obtención de almidón de papa

Fuente: (Guamán, 2019, p. 15).

1.2.6.3. Almidón de pericarpio de maracuyá

El almidón del pericarpio de maracuyá se obtiene por el método seco, que consiste en la molienda del fruto después de secado, obteniendo de este proceso harina, para su posterior tamizado y así obtener el almidón, como se puede observar en la Figura 8-1 a continuación.

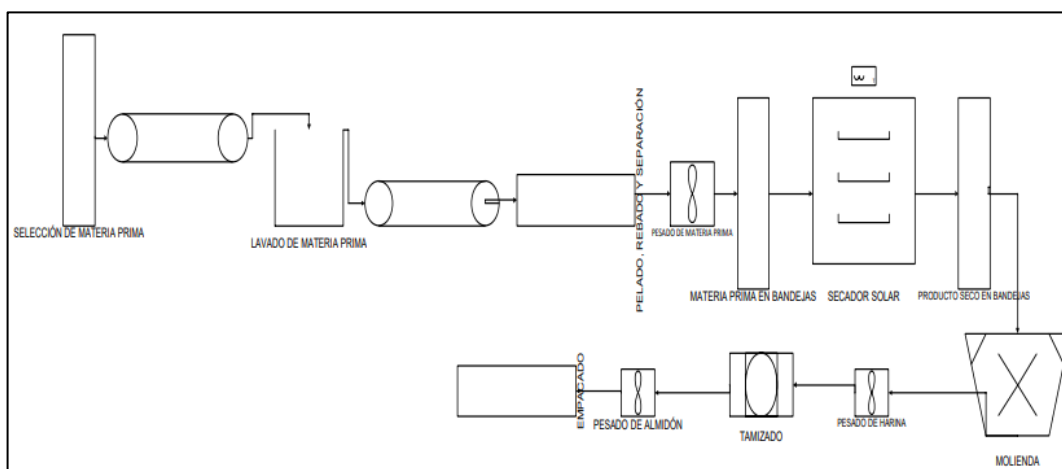


Figura 8-1. Diagrama de proceso de extracción de almidón por método seco

Fuente: (Guadrón de Delgado, 2013, p. 16).

Según (Chariguamán, 2015, p. 11) indica que después de la molienda del albedo o cáscara de maracuyá esta debe ser tamizada, porque no tiene el tamaño considerable de un almidón, por lo que es

necesario pasar por una serie de tamices; 1410, 425, 250, 180, 75 y 37 μm , en donde mayor porcentaje de partículas obtenidas fue por los tamices de 250 a 75 μm . Además, destaca que el almidón de maíz tiene un tamaño de partícula de 300 μm representando el 97.14% y el 2.86% restante tiene una granulometría mayor a 300 μm . el almidón de yuca el 98.1% presenta un tamaño de partícula de 212 μm y el 1.9% presenta un tamaño de partícula de 425 μm .

1.2.6.4. Amilosa

Es un polímero lineal formado por cadenas de glucosas unidas por enlaces α -1-4 y constituyen el 20% y 30% del gránulo de almidón y 4% a 20% en los gránulos provenientes de las hojas. (Guamán, 2019, p. 12).

Las moléculas de amilosa forman enlaces de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de polímeros adyacentes y finalmente el, la afinidad del polímero por el agua disminuye y esto ayuda a la formación de películas opacas y resistentes (Chariguamán, 2015, p. 48).

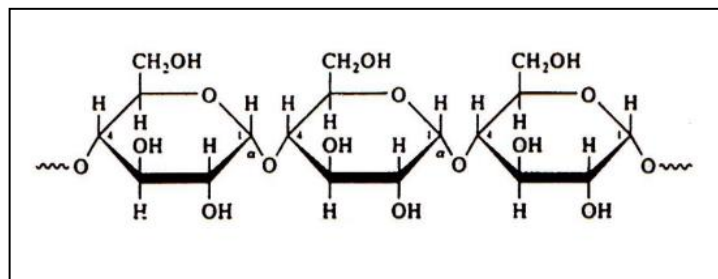


Figura 9-1. Estructura química de la Amilosa

Fuente: (UNAM, 2012).

1.2.6.5. Amilopectina

La amilopectina es un polisacárido semi-cristalino que pertenece a la familia de los hidratos de carbono posee una estructura de enlaces α -1,4 y contiene ramificaciones unidas al tronco central por enlaces α -D-(1,6) por lo que es significativamente más grande que las moléculas de amilosa ya que contiene entre 10000 y 20000 unidades de glucosa. Las propiedades químicas y físicas del almidón provenientes de diferentes fuentes o productos, en mayor proporción se deben a su variedad estructural y esto a su vez debido al peso molecular y el grado ramificaciones que presenta, pues las ramificaciones hacen que la amilopectina sea menos soluble en agua a comparación con la amilosa (Escribano, 2020, p. 8).

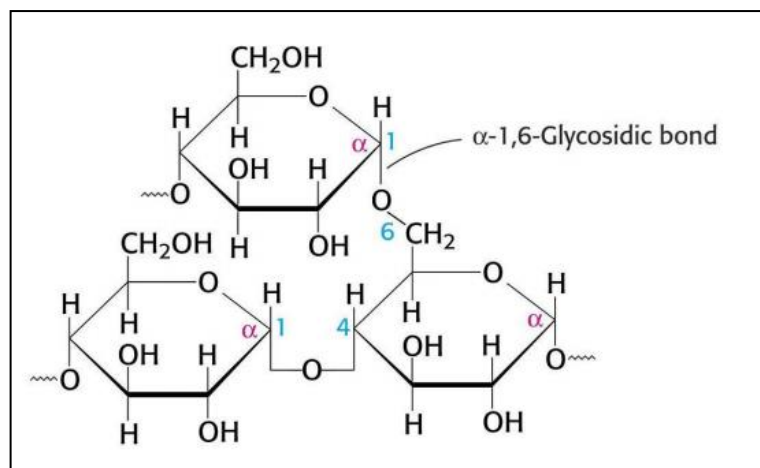


Figura 10-1. Estructura química amilopeptina

Fuente: (UNAM, 2012, p. 10).

1.2.7. Gelatinización

La gelatinización es de gran importancia en muchas operaciones de procesamiento de alimentos y la proporción tanto de la amilosa y la amilopeptina juegan un papel importante en las propiedades térmicas de los almidones. Se define como temperatura de gelatinización al momento en la que los granos de almidón en agua caliente empiezan a absorber agua y a hincharse de forma irreversible, esta característica se debe principalmente a la presencia de amilosa. El intervalo de temperatura en el que se da el hinchamiento de la mayoría de los gránulos se define como rango de gelatinización, de acuerdo con su temperatura de gelatinización las variedades de almidón se clasifican en:

Bajas: cuando su temperatura está por debajo de 70 °C; intermedias, cuando están en un rango de 70 y 75 °C

Altas: cuando la temperatura está por encima de los 75 °C, si se prosigue suministrando calor a los gránulos ensanchados de almidón, estos se quebrarán parcialmente de modo que la amilosa y la amilopeptina se distribuirán en la matriz de la disolución y al terminar este proceso se forma una pasta o gel (Anderson, Conway y Peplinski, 1970, p. 67).

1.2.7.1. Factores que afectan a la gelatinización

Acidez: La adición de un ácido como por ejemplo el ácido acético provoca que se realice una hidrólisis ácida durante el proceso de gelatinización del almidón dando lugar a la formación polímeros de cadena corta. La hidrólisis de la molécula de almidón también da lugar a una menor absorción de agua por el gránulo de almidón (Anderson, Conway y Peplinski, 1970, p. 70).

Agitación: Agitar la solución desde el inicio hasta el momento que se produce la gelatinización permite a los gránulos de almidón hincharse independientemente creando una mezcla uniforme y

sin grumos. No obstante, una agitación excesiva de la solución gelatinizada puede hacer que los gránulos se rompan haciendo que aumente la fluidez de la mezcla de almidón (Escribano, 2020, p. 13).

Temperatura: La gelatinización del almidón se completa a 70-95°C; aunque los almidones varían en su temperatura de gelatinización, por ejemplo el tiempo final de gelatinización del almidón de arroz blanco es 78,42°C y para el almidón de arroz integral es de 74,22°C (Escribano, 2020, p. 13).

1.2.8. Retrogradación

La retrogradación se define como los cambios que se producen cuando las moléculas de almidón que previamente estaban gelatinizados empiezan a reorganizarse, formando estructuras ordenadas, de un estado inicial donde no tienen forma a un estado final más cristalino. La amilosa suele gelificar fuera del gránulo inmediatamente después de la gelatinización y la amilopectina permanece en el gránulo hinchado, donde lentamente recristaliza. (Palacios et al., 2015, p. 51).

Para que se realice la retrogradación existen 2 métodos, tomando en cuenta la concentración y temperatura del sistema:

Vía rápida: cuando se calienta una disolución condensada de amilosa se baja a temperatura ambiente rápidamente, formándose un gel endurecido y transformable

Vía lenta: en la que una disolución se convierte en opaca, la cual se precipita luego de calentarse, dejando enfriar gradualmente a temperatura ambiente (Meza, 2016, p. 34).

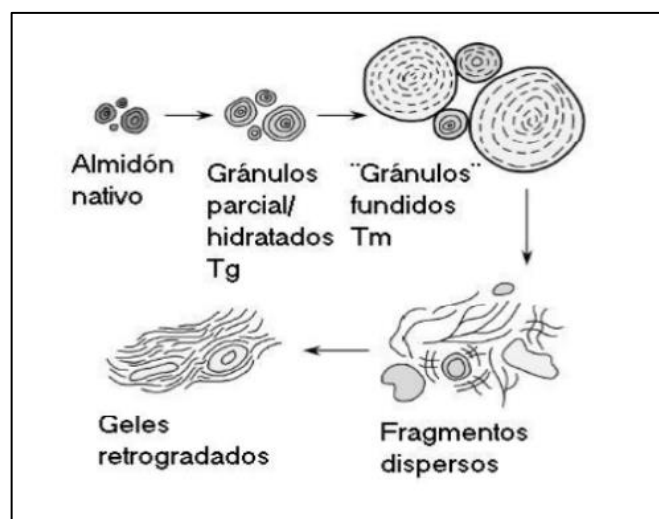


Figura 11-1. Cambios en el almidón durante el calentamiento con agua

Fuente:(Aldana y Sandoval, 2005, p. 25).

Como se puede observar en la Figura 11-1, el primer esquema representa el almidón granular a continuación los gránulos del almidón se le adiciona calor (temperatura) y agua hasta llegar al

punto donde los gránulos se hinchan y de este punto al adicionar agitación y tiempo el almidón ha perdido totalmente su estructura cristalina es decir que el gránulo llega a su punto de gelatinización, cuando la temperatura comienza a bajar, se favorece la atracción entre las moléculas de amilosa, formando una red entre sí que atrapa el agua y los gránulos de almidón hinchados. El reordenamiento de las cadenas de amilosa favorece la recristalización del gránulo de almidón es decir sucede el proceso de retrogradación (Villarroel Heise et al., 2018, p. 62).

1.2.9. Bioplásticos

Se denomina bioplásticos o biopelículas a los compuestos de origen natural provenientes de fuentes renovables y con carácter biodegradable. Estos pueden ser considerados como una opción para dar solución a la contaminación provocada por los plásticos comunes obtenidos por polimerización de compuestos derivados de petróleo (Rio y Ochoa, 2006, p. 7).

Los bioplásticos se pueden elaborar a partir de cultivos de poliésteres microbianos o de almidón de productos agrícolas u otros y hoy en día se ha dado mayor uso del almidón como materia prima, debido a su fácil disponibilidad, bajo costo, biodegradable y a que es económicamente competitivo con el petróleo (Charro, 2015, p. 9).

El bioplástico es “un plástico de origen natural producido por un organismo vivo y con carácter biodegradable, sintetizado a partir de fuentes de energía renovables, por lo que apenas produce contaminación” (Chulde, 2020, p. 20).

1.2.9.1. Tipos de bioplásticos de acuerdo con su origen

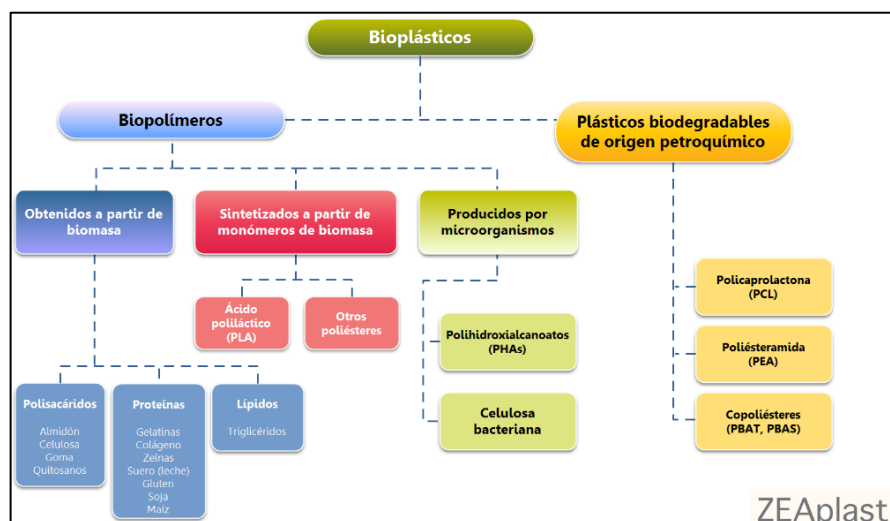


Figura 12-1. Polímeros procedentes de fuentes renovables

Fuente: (ZEApplast, 2012, p. 2).

Tabla 10-1: Tipos de bioplásticos de acuerdo con su origen

| Origen | Descripción |
|--|--|
| Fuentes renovables | Abarcan tanto los bioplásticos que proceden de la biomasa (almidón y celulosa), como también aquellos que son producidos mediante la fermentación de recursos renovables. |
| Sintetizados por vía biotecnológica | La primera vía consiste en la obtención biotecnológica de los monómeros y polimerización posterior por vía química (ácido poliláctico-PLA). Otra vía es por fermentación microbiana o también otras tecnologías basadas en la utilización de plantas genéticamente modificadas como, por ejemplo: los Polihidroxialoanatos (PHA). |
| Polímeros biodegradables sintéticos (no procedentes de fuentes renovables) | Proviene de la polimerización de monómeros obtenidos de fuentes fósiles, estas tienen su estructura biodegradable según las normas de biodegradabilidad y compostaje (ASTM D6400 y EN13432) por ejemplo: Poliésteres alifáticos y alifáticos-aromáticos |

Fuente: (ZEAplast, 2012, p. 4).

1.2.9.2. Biopelícula frente al plástico común

Tabla 11-1: Biopelícula frente al plástico común

| Característica | Bioplástico | Plástico |
|------------------------------------|--------------|--------------|
| Degradabilidad | Si | No |
| Transparencia | No | Si |
| Moldeado | Si | Si |
| Resistencia a la humedad | Parcialmente | Si |
| Impermeabilidad | Si | Si |
| Resistencia a la corrosión | Si | Si |
| Baja densidad | Si | Si |
| Ayuda a disminuir la contaminación | Si | No |
| Aislante eléctrico | Si | Si |
| Tiempo máximo de degradación | 1-1,5 año | > a 100 años |
| Reciclaje | si | No |

Fuente: (Pizá et al., 2017, p. 14).

1.2.9.3. Propiedades de los plásticos convencionales

Tabla 12-1: Propiedades de polímeros plásticos utilizados para envases de productos alimenticios

| Plástico | Resistencia a la tensión (Mpa) | Elasticidad (Mpa) | Temperatura de fusión (°C) | Temperatura de deformación (°C) | Densidad |
|----------|--------------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------|
| PET | 48,260 | 2757,900 | 245 | 21 | 0,910 - 0,940 |
| PP | 31,030 - 41,370 | 1551,320 | 168 - 175 | 107 - 121 | 0,890 - 0,920 |
| PE-LD | 8,27 - 31,710 | 206,840 | 98 - 115 | 40 - 44 | 1,290 |

Fuente: (Ortiz, 2019, p. 18).

1.2.9.4. Normativa nacional sobre uso de plástico de un solo uso

El proyecto denominado Ley Orgánica para la racionalización, reutilización y reciclaje de plásticos de un solo uso en el comercio, fue aprobado en la Asamblea Nacional el 2 de noviembre del 2020. Después pasó al Ejecutivo, que la vetó parcialmente, y regresó a la Asamblea, donde fue aprobada el 15 de diciembre del mismo año. Esta Ley establece una reducción progresiva del uso del plástico que va de uno a tres años, donde se incluye a los GAD municipales en las campañas para reducir el uso del plástico en Ecuador (El Universo, 2020, p. 1).

A partir de los 18 meses de entrada en vigor de esta ley, las fundas plásticas de acarreo deberán tener al menos un 50% de material reciclado en su fabricación para poder comercializarse para los recipientes de poliestireno expandido, en un plazo de 18 meses deben tener un 8% de material reciclado biodegradable. En 36 meses un 12% y en 48 meses un 18%. Los materiales plásticos como: cubiertos, tarrinas y vasos deberán contar con un 10% de material reciclado en su fabricación y en 36 meses un 25% y en 48 meses un 30% y como alternativa para productos al granel, individuales o medicamentos se usará bolsas biodegradables (Alarcón, 2020, p. 3).

1.2.10. Aplicaciones de las biopelículas

Los plásticos deben satisfacer requisitos y propiedades cada vez mayores para un uso técnico esto aplica también para los bioplásticos que deben ser capaces de tener las mismas características y aplicaciones que un plástico común, para que los bioplástico puedan ser usados propiedades como: de barrera, longevidad y compatibilidad con otros biopolímeros y aditivos deben ser mejorados (KOnline, 2011, p. 3).

Un bioplástico es utilizado cuando su tiempo de degradabilidad es útil para usarlo en otro medio, como, por ejemplo: que en los hogares las bolsas de basura degradables puedan ser degradadas junto con la basura orgánica (Rio y Ochoa, 2006, p. 26).

Tabla 13-1: Aplicaciones de los bioplásticos

| Productos para el hogar y afines | Materiales de oficina | Mobiliario | Reciclaje |
|---|---|---|--|
| Regaderas, Sorbetes | Artículos de escritura, corrector de cinta, reglas | Sillas | Bolsas y sacos de basura (compostables) |
| Agricultura/ jardinería | Catering | Construcción | Artículos eléctricos |
| Plásticos y fieltros agrarios, dispensadores, macetas | Platos y cubiertos desechables, bolsas de basura | Mangos de herramientas, tacos, aislamientos de bio-PUR, materiales aislantes, revestimientos de terrazas, moquetas y revestimientos para suelos | Carcasas de ratones informáticos, teclados, teléfonos fijos, móviles, aislamientos de cables |

Fuente:(KOnline, 2011).

Según los últimos datos de mercado compilados por European Bioplastics en el Gráfico 2-1, se pronostica que la capacidad de producción mundial de bioplásticos crecerá un 50 %, es decir, alrededor de 6,1 millones de toneladas en 2021 (Vazquez, Velasco y Espinosa, 2015, p. 21).

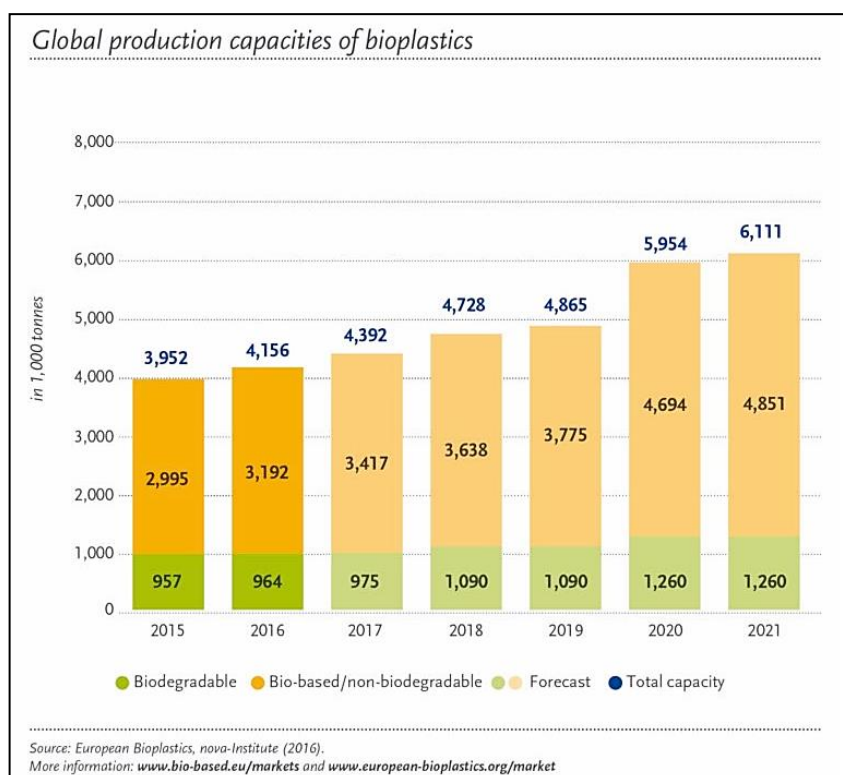


Gráfico 2-1. Capacidad global de producción de bioplástico

Fuente:(Vazquez, Velasco y Espinosa, 2015, p. 41).

1.2.11. Componentes para la elaboración de bioplásticos

1.2.11.1. Glicerina

La glicerina o glicerol sirve como plastificante en las biopelículas esta se produce en la fermentación del azúcar o de aceites y grasas animales o vegetales en su estructura se presenta en un alcohol con tres grupos hidroxilo y es cual es soluble en agua, sus características físicas son: líquido incoloro y viscoso, no genera reacciones secundarias y permite ser un plastificante, su fórmula química es: $C_3H_8O_3$ (Chariguamán, 2015, p. 30).

1.2.11.2. Plastificante

Los plastificantes son materiales de baja volatilidad que se agrega al plástico para que este gane flexibilidad, generalmente son líquidos, inodoros, incoloros y de baja volatilidad, y al añadir a otro material cambia sus propiedades físicas, mecánicas y suavizan el polímero, al descender la temperatura de transición vítrea para el plástico haciéndola más suave (Guaman, 2019).

Los plastificantes reducen los enlaces de hidrógeno internos de la disolución y a su vez los espacios intermoleculares van aumentando, evitando las grietas o aberturas en los bioplásticos durante la manipulación y almacenamiento (Guamán, 2019, p. 20).

1.2.11.3. Agua destilada

Es un componente líquido que ha sido sometido a destilación para eliminar impurezas e iones del agua de origen, su composición se basa en la unidad de moléculas H_2O (Reactivos Química MEYER, 2015, p. 2).

1.2.11.4. Ácido acético

Es un líquido incoloro que presenta solubilidad en agua, también conocido como ácido etanoico, se caracteriza por ser un ácido orgánico que regula la acidez, estabilizador, conservador además es capaz de inhibir el crecimiento de bacterias u otros organismos microscópicos. Este ácido actúa como modificador químico, debido a que reduce la naturaleza hidrofílica del almidón, otorgándole particularidades de no captar agua con facilidad en el material con cual se trabaje (Taramuel, 2017, p. 13).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Objetivos

2.1.1. General

Obtener una biopelícula a partir de la papa superchola (*Solanum tuberosum L.*) y pericarpio de maracuyá (*Passiflora edulis*) para el embalaje de alimentos.

2.1.2. Específicos

- Obtener el almidón de la papa superchola y del pericarpio de maracuyá a partir del método húmedo; molienda, decantación, secado y tamizado.
- Caracterizar los almidones obtenidos mediante pruebas fisicoquímicas.
- Formular la biopelícula utilizando almidón, plastificante y aditivos.
- Determinar la eficacia de la biopelícula aplicado en el embalaje de alimentos.

2.2. Hipótesis y especificación de variables

2.2.1. Hipótesis general

H1: A partir del almidón de la papa superchola y pericarpio de maracuyá como materia prima con la formulación adecuada se obtiene una biopelícula que es eficaz para el recubrimiento del alimento.

2.2.2. Hipótesis Específica

H2: Con el método de extracción húmedo para la papa superchola y método seco para el pericarpio de maracuyá será posible obtener sus almidones.

H3: El porcentaje de almidón de la papa superchola influirá mucho más en la biopelícula que el almidón del pericarpio de maracuyá por su contenido de amilosa, debido a que esta molécula favorece a la retrogradación.

H4: Mediante experimentación, con formulaciones adecuadas de almidón de papa superchola y maracuyá y aditivos, se podrán verificar la variación de flexibilidad y dureza para determinar las diferencias entre las biopelículas obtenidas.

H5: La biopelícula obtenida a partir del almidón de papa superchola y pericarpio de maracuyá al recubrir sobre el alimento conserva sus características organolépticas.

2.2.3. Identificación de variables

Tabla 1-2: Identificación de las variables.

| Etapas del proceso | Variables Independientes | Variables dependientes |
|-----------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| Extracción del almidón | Tiempo de trituración | Cantidad de muestra |
| | RPM | |
| Formulación de biopelículas | % de Almidón | Temperatura |
| | % de plastificante | Agitación |
| | | Estabilidad |
| | | Punto de gelatinización del almidón |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

2.2.4. Operacionalización de variables

Tabla 2-2: Operacionalización de las variables que intervienen en la obtención del almidón y formulación de las biopelículas

| Etapa | Variable | Tipo de variable | Definición Operacional | categorización | Indicadores | Instrumentos de medición / Técnica o método |
|---------------------------------|--------------------------------------|------------------|---|--|-----------------------------|---|
| Obtención de almidón | Tiempo de trituración | Independiente | Período determinado durante el que se realiza una acción o se desarrolla un acontecimiento. | Periodo de licuado en la obtención del almidón | Segundos (s) | Cronómetro |
| | Revoluciones por minuto de triturado | Independiente | Cantidad de rotaciones por minuto que completa triturando | Trituración de la papa superchola | Velocidad alta y baja (RPM) | Licudadora |
| Formulación de las biopelículas | % de Almidón | Independiente | Porcentaje de los almidones a usar | Medida para formulación | Peso (gr) | Balanza |
| | % de plastificante | Independiente | Cantidad de glicerina a usar para moldear la mezcla | Medición de glicerina para la formulación | Volumen (ml) | Probeta |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

2.2.5. Matriz de consistencia

Tabla 3-2: Matriz de consistencia

| Tema: OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE LA PAPA SUPERCHOLA (<i>Solanum tuberosum L.</i>) Y PERICARPIO DE MARACUYÁ (<i>Passiflora edulis</i>) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS. | | | | |
|--|--|---|--|--|
| Aspectos generales | | | | |
| Problema general | Objetivo General | Hipótesis General | | |
| ¿Se obtendrá una biopelícula con características similares al plástico derivado del petróleo, capaz de cumplir las mismas funciones a partir del almidón de la papa superchola y pericarpio de maracuyá? | Obtener una biopelícula a partir de la papa superchola (<i>Solanum tuberosum L.</i>) y pericarpio de maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>) para el uso en alimentos. | A partir del almidón de la papa superchola y pericarpio de maracuyá como materia prima con la formulación adecuada se obtiene una biopelícula que es eficaz para el recubrimiento del alimento. | | |
| Aspectos específicos | | | | |
| Problema específico | Objetivos Específicos | Hipótesis Especifica | Variables de las Hipótesis Específicas | Técnicas de recolección de datos |
| ¿Se obtiene almidón de papa superchola y pericarpio de maracuyá a partir del método húmedo? | Obtener el almidón de la papa superchola y del pericarpio de maracuyá a partir del método húmedo, molienda, decantación, secado y tamizado. | Con el método de extracción húmedo para la papa superchola y método seco para el pericarpio de maracuyá será posible obtener sus almidones. | Variable Dependientes Obtención del almidón Formulación de la biopelícula | Obtención del almidón por método húmedo y seco. Revisión bibliográfica Cálculo de rendimiento. |
| ¿Qué se debe tener en cuenta antes de realizar la formulación de la biopelícula? | Caracterizar los almidones obtenidos mediante pruebas fisicoquímicas. | El porcentaje de almidón de la papa superchola influirá mucho más en la biopelícula que el almidón del pericarpio | Variables Independientes | Formulación de la biopelícula con aditivos |

| | | | |
|--|---|--|---|
| | | de maracuyá por su contenido de amilosa, debido a que esta molécula favorece a la retrogradación | Revoluciones por el almidón como materia minuto de prima. trituración |
| ¿Cuál será la formulación para la obtención de una biopelícula de calidad? | Formular la biopelícula utilizando almidón, plastificante y aditivos | Mediante experimentación, con formulaciones adecuadas de almidón de papa superchola y maracuyá y aditivos, se podrán verificar la variación de flexibilidad y dureza para determinar las diferencias entre las biopelículas obtenidas. | Tiempo de trituración % de almidón % de Plastificante |
| ¿Cómo se evaluará la eficacia de biodegradabilidad de la biopelícula? | Determinar la eficacia de la biopelícula al utilizar como embalajes de alimentos. | La biopelícula obtenida a partir del almidón de papa superchola y pericarpio de maracuyá al recubrir sobre el alimento conserva sus características organolépticas. | |

Realizado por: Guamán Efrén, 2021.

2.3. Tipo y diseño de investigación

2.3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo exploratoria ya que se centra en analizar e investigar la composición de amilosa que posee la papa superchola y el pericarpio de maracuyá mediante revisión bibliográfica, como requisitos que deberá cumplir el almidón para ser la materia prima óptima para elaboración de biopelícula en formulación adecuada con plastificantes, así como los ensayos de caracterización de la película bioplástica obtenida como: humedad, solubilidad, biodegradabilidad, espesor y ensayo de tracción.

2.3.1.1. Método Deductivo

Mediante el método deductivo se pretende realizar un análisis para la formulación de ensayos preliminares almidón-plastificante y al control y observación de los ensayos de caracterización de la biopelícula.

2.3.1.2. Método Cuantitativo

Por medio del método cuantitativo se podrán identificar los parámetros requeridos para cada una de las etapas de esta investigación.

2.3.1.3. Método Inductivo

Con el método inductivo, se busca establecer razonamientos y conclusiones, empleando observaciones y la realización, análisis de los métodos de obtención del almidón y así como los respectivos métodos de ensayos correspondientes a la caracterización de la película biodegradable de almidón de la papa superchola y pericarpio de maracuyá.

2.3.2. Diseño experimental de investigación

En cuanto al diseño de investigación este es experimental y retrospectivo por tener como objeto de estudio la manipulación de variables experimentales en condiciones controladas. El cual resulta útil para evaluar qué modelo de pronóstico debería considerarse más preciso para esta investigación.

Se utilizará el diseño factorial 2^k tiene k factores cada uno a 2 niveles, cuyos niveles pueden ser cuantitativos o cualitativos, este diseño factorial está diseñado de forma que se varían

simultáneamente varios factores, pero se evita que se cambien siempre en la misma dirección. Al no haber factores correlacionados se evitan experimentos redundantes. Además, los experimentos se complementan de tal modo que la información buscada se obtiene combinando las respuestas de todos ellos. Esto permite obtener la información con el mínimo número de experimentos y, por tanto, con el menor coste y con la menor incertidumbre posible porque los errores aleatorios de las respuestas se promedian (Medina y Lopez, 2011, p. 22).

| | <u>x₁</u> | <u>x₂</u> | | <u>x₁</u> | <u>x₂</u> | <u>x₃</u> | | <u>x₁</u> | <u>x₂</u> | <u>x₃</u> | <u>x₄</u> |
|---|----------------------|----------------------|--|----------------------|----------------------|----------------------|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | - | - | | 1 | - | - | | 1 | - | - | - |
| 2 | + | - | | 2 | + | - | | 2 | + | - | - |
| 3 | - | + | | 3 | - | + | | 3 | - | + | - |
| 4 | + | + | | 4 | + | + | - | 4 | + | + | - |
| | | | | 5 | - | - | + | 5 | - | - | + |
| | | | | 6 | + | - | + | 6 | + | - | + |
| | | | | 7 | - | + | + | 7 | - | + | + |
| | | | | 8 | + | + | + | 8 | + | + | + |
| | | | | | | | | 9 | - | - | - |
| | | | | | | | | 10 | + | - | - |
| | | | | | | | | 11 | - | + | - |
| | | | | | | | | 12 | + | + | - |
| | | | | | | | | 13 | - | - | + |
| | | | | | | | | 14 | + | - | + |
| | | | | | | | | 15 | - | + | + |
| | | | | | | | | 16 | + | + | + |

Gráfico 1-2. Matriz de experimentos para los diseños factoriales 2^2 , 2^3 y 2^4

Fuente:(Ferré, Rovira y Tarragona, 2015, p. 10).

Un experimento factorial nos permitirá investigar todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores con el objetivo es investigar los resultados experimentales en casos donde interesa estudiar el efecto de diversas condiciones de experimentación y sus interacciones. (Medina y Lopez, 2011, p. 14).

Tabla 4-2: Determinación de variables y tratamientos para la extracción del almidón mediante el diseño factorial 2^k

| Variable dependiente | Variables independientes | | T1 | 45 (s) ; baja |
|------------------------------|---------------------------------|-----|-----------|---|
| Extracción de almidón | Tiempo de trituración (s) | 45 | 60 | Tratamientos T2 60 (s) ; baja |
| | | RPM | Baja | |
| | | | | T4 60 (s) ; alta |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

Tabla 5-2: Determinación de variables para la formulación de la biopelícula

| Variable dependiente | Variables independientes | TB1 (0,5-1,5) |
|--------------------------------------|---------------------------------|---|
| Formulación de la biopelícula | Cantidad de plastificante (mL) | 1,5 2 Tratamientos TB2 (1 – 1,5) |
| | Cantidad de Almidón | 0,5 1 TB3 (0,5 – 2) |
| | del Maracuyá (g) | TB4 (1 - 2) |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

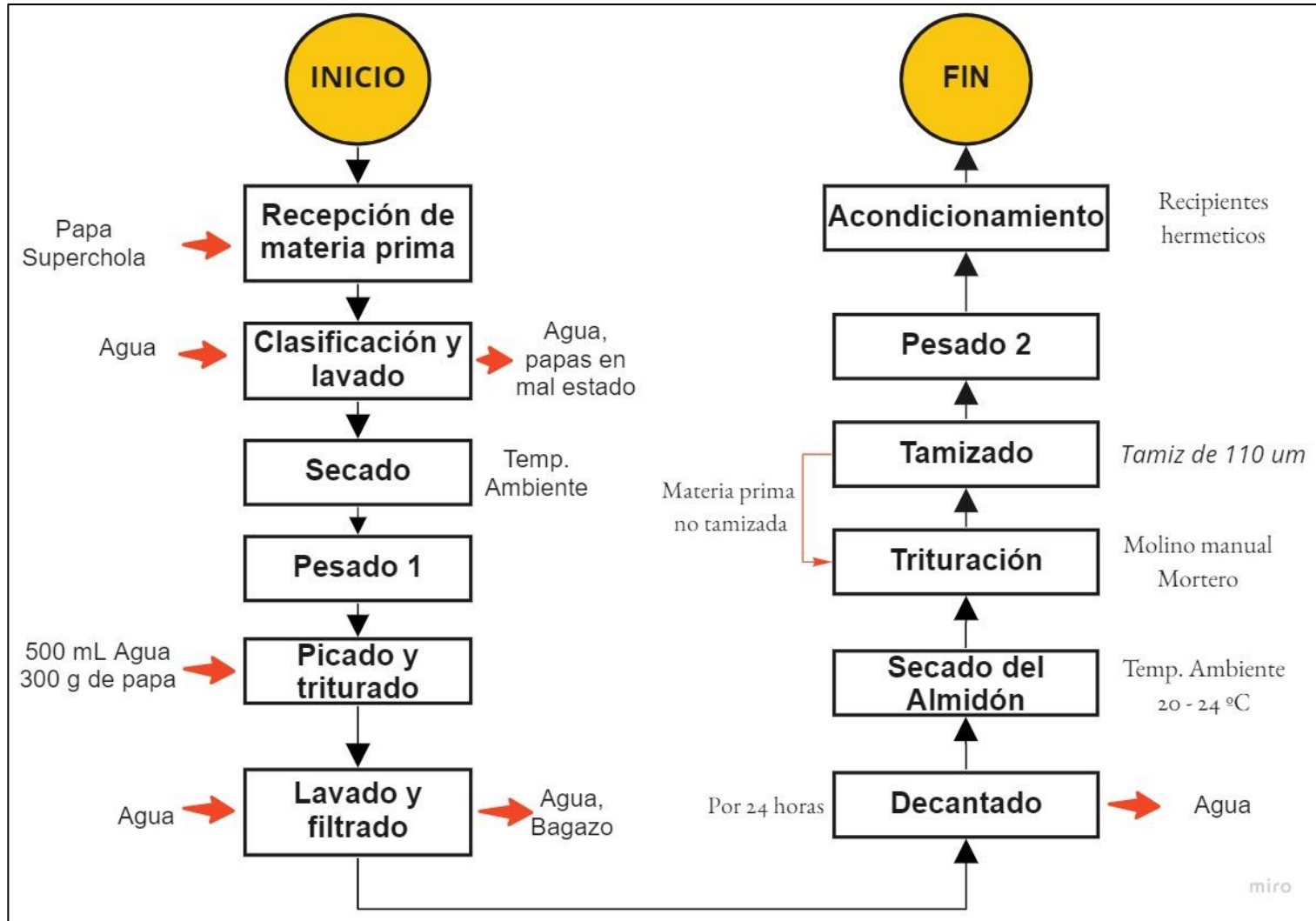


Figura 1-2. Diagrama de flujo de la obtencion de almidón de papa superchola

Realizado por: Guamán, Efrén. 2021.

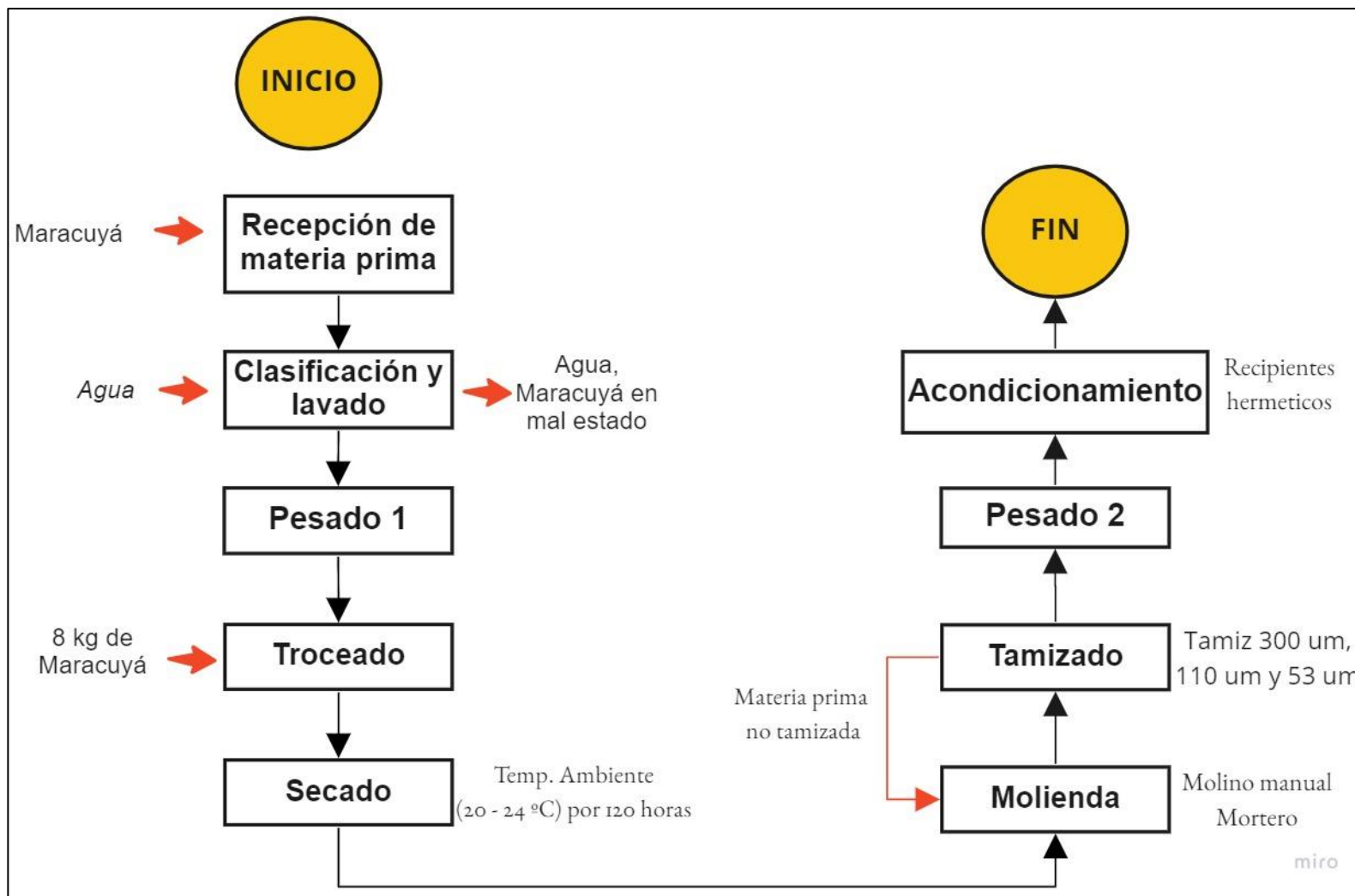


Figura 2-2. Diagrama de flujo de la obtencion de almidón de pericarpio de Maracuyá

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

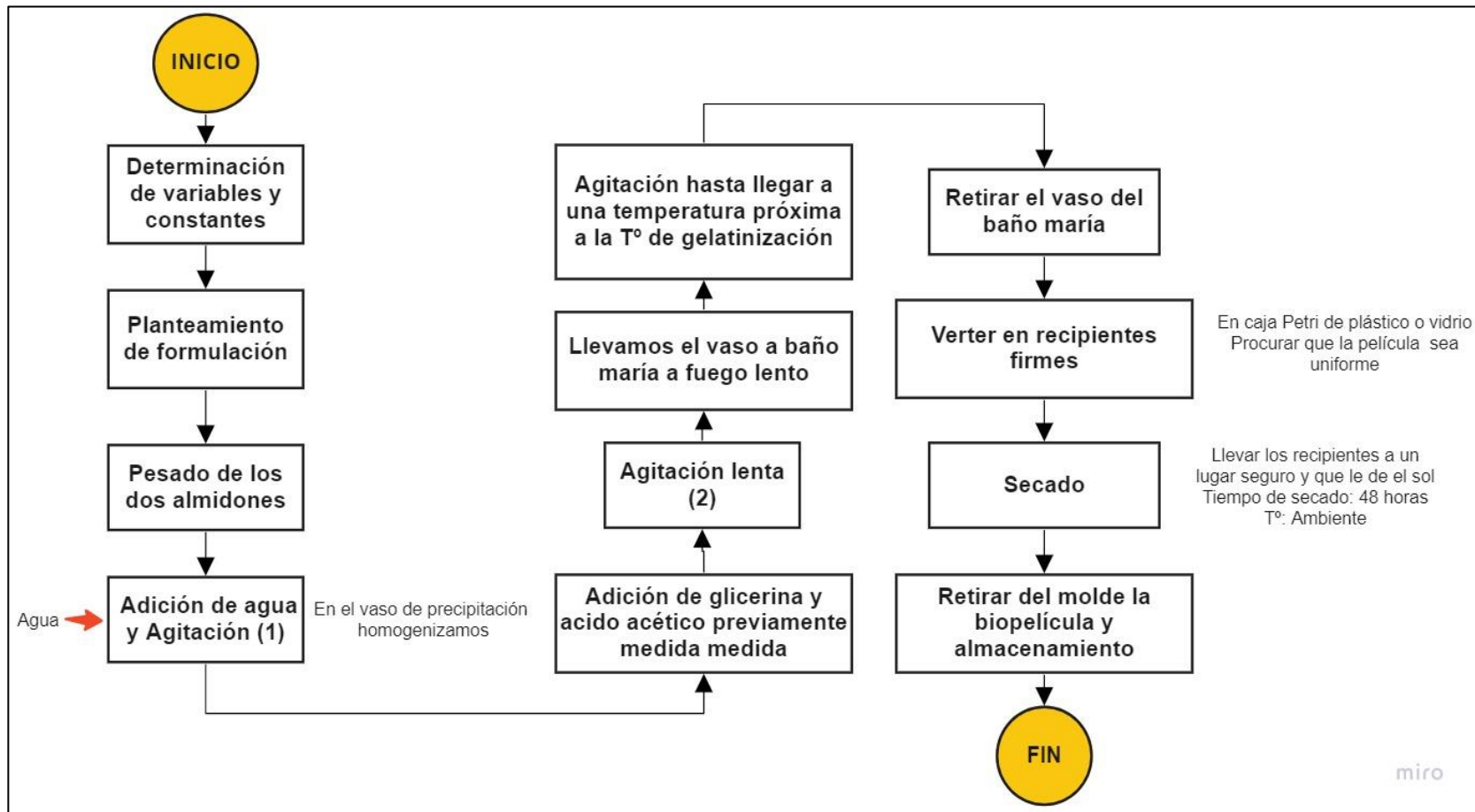


Figura 3-2. Diagrama de flujo de la obtención de la biopelícula

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

2.4. Unidad de análisis

La unidad de análisis para la presente investigación es: el almidón de la papa superchola (*solanum tuberosum l.*) y del pericarpio de maracuyá (*passiflora edulis*), el cual será sometido a métodos de ensayo; la concentración almidón-plastificante para formar la película, así como los ensayos de caracterización de esta.

2.5. Población de estudio

La población considerada para el presente estudio fue la papa superchola (*solanum tuberosum l.*) que provino del mercado Santa Rosa y del Maracuyá (*passiflora edulis*) del mercado Mayorista; de la Ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo. Beneficiando de manera directa el estudio experimental del Grupo de Investigación Ambiental y Desarrollo de la ESPOCH, en la obtención de bioplásticos a partir de productos agrícolas del Ecuador, aportando un valor agregado de estos productos y favoreciendo de manera indirecta al fortalecimiento de la agricultura del país.

2.6. Tamaño de muestra

Se trabajó con 6 kg de papa superchola (*solanum tuberosum l.*) y 8 kg de maracuyá (*passiflora edulis*).

2.7. Selección de muestra

La muestra seleccionada es una muestra no probabilística por el tipo de investigación, puesto que los almidones del pericarpio de maracuyá y papa superchola fueron obtenidos mediante el proceso de extracción por método seco y húmedo respectivamente.

La selección de la muestra tanto para la papa superchola y del maracuyá fue:

- Realizar la visita in-situ a los mercados agroalimentarios de la ciudad de Riobamba.
- Verificar la calidad de la papa superchola y del maracuyá.
- Caracterizar la muestra de almidón de papa superchola y maracuyá obtenido en la extracción mediante los ensayos ya mencionados.

2.8. Técnicas de recolección de datos

A continuación, se tiene la Tabla 6-2 donde describe las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos para este trabajo de investigación.

Tabla 6-2: Recursos para recolección de datos

| Técnicas de recolección de datos | Instrumentos |
|---|--|
| Recolección de información | <ul style="list-style-type: none">• Fuentes Bibliográficas: internet, artículos científicos, revistas científicas, libros electrónicos |
| Tratamiento de datos y análisis de resultados | Programas: <ul style="list-style-type: none">• Exel• ImageJ |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

Así también se detalla las etapas sistemáticas de desarrollo del presente trabajo:

- Extracción de almidón a partir de la papa superchola y pericarpio de maracuyá
- Caracterización físico-química de almidón obtenido; pH, temperatura de gelatinización, solubilidad densidad, humedad, ceniza, viscosidad
- Elaboración de la biopelícula a partir de las formulaciones planteadas
- Caracterización de la biopelícula, determinación de parámetros físicos y mecánicos: espesor, humedad, permeabilidad, biodegradabilidad y parámetros mecánicos: ensayo de resistencia a la tracción.

2.8.1. Extracción de almidón.

La técnica utilizada para la extracción del almidón de la papa superchola por el método húmedo, es descrita por (Guamán, 2019, p. 15) en el diagrama de la Figura 7-1. La extracción del almidón fue realizada de manera casera.

Tabla 7-2: Técnica de extracción del almidón de papa superchola (Método húmedo)

| Extracción de almidón de papa superchola por el método húmedo | |
|---|--|
| Materiales y Equipos: | Reactivos: |
| <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Cepillo • Cuchillos • Molino • Tamices de 300 μm y 150 μm • Baldes plásticos transparentes • Frascos plásticos | <ul style="list-style-type: none"> • Agua • Papa Supercopa |
| Procedimiento: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Clasificación de la papa: Seleccionar las papas superchola que cuenten con buena apariencia física y sean homogéneas. • Lavado: Limpiar la tierra de la papa con un cepillo y agua. • Secado y pesado: Se deja secar la papa a temperatura ambiente y con la ayuda de una balanza se pesa 5 kg. • Picado y triturado: Se pican las papas con ayuda de un cuchillo y a continuación se trituran las cascaras de papa junto con el agua con la ayuda de una licuadora, variando la velocidad de la licuadora y variando el tiempo de trituración. • Lavado y filtrado.: El sobrante de la muestra triturada se coloca en el colador filtrante, y se realiza varios lavados con agua hasta observar que el agua de lavado sea transparente. • Decantado: El agua del lavado se almacena en un recipiente y se deja decantar por 12 horas para luego sustraer el agua sobrenadante. • Secado: El sedimentado (almidón), es recogido en bandejas para ser secado al aire libre por un tiempo promedio de 60 horas. • Triturado y tamizado: EL almidón de papa superchola seco es recogido y llevado a ser homogenizado con la ayuda de un molino para posteriormente tamizar en mallas de 300 μm y 150 μm. • Acondicionamiento: Finalmente se empaca el almidón obtenido y se deposita en un lugar fresco. | |
| Realizado por: Guamán, Efrén, 2021. | |

La técnica utilizada para la extracción del almidón del pericarpio de maracuyá por el método seco, es descrita por (Guadrón de Delgado, 2013, p. 50) en el diagrama de la Figura 8-1. Con algunas modificaciones descritas por (Chariguamán, 2015, p. 38). La extracción del almidón fue realizada de manera casera.

Tabla 8-2: Técnica de extracción del almidón de pericarpio de maracuyá (Método seco)

| Extracción de almidón de pericarpio de maracuyá por método seco | |
|---|---|
| Materiales y Equipos: | Reactivos: |
| <ul style="list-style-type: none">• Balanza analítica• Cepillo• Cuchillos• Molino• Tamices de 300 μm, 150 μm y 53 μm• Frascos plásticos• Bandejas grandes de aluminio | <ul style="list-style-type: none">• Agua• Maracuyá Amarilla (<i>Passiflora edulis</i>) |
| Procedimiento: | |
| <ul style="list-style-type: none">• Selección del maracuyá, sanitizado y Pesado: Seleccionar los maracuyás, observando que tengan buena apariencia física y homogéneas para su posterior lavado en agua manualmente. En el proceso de sanitización se usa una solución clorada de 100 ppm durante 10 a 15 minutos y finalmente con la ayuda de una balanza se pesa 10 kg de cascara de maracuyá• Troceado y secado: La cáscara de maracuyá es cortada en pequeños trozos homogéneos y es llevada a bandejas de aluminio para su secado a temperatura ambiente por 96 horas a temperatura ambiente y adicional a esto es secado por 6 horas más en la estufa.• Molienda: Los trozos de cáscara de maracuyá que están secas pasan a ser molidos para convertir los trozos en polvo y obtener un producto anterior al almidón final.• Tamizado: En el proceso de tamizado consiste en hacer pasar el polvo obtenido por una malla de 300 μm, 150 μm y 53 μm, para obtener una mejor granulometría y así obtener el almidón del pericarpio de maracuyá. Lo que no se tamice volverá a la molienda.• Pesado final: Finalmente se pesa lo obtenido, será el peso del almidón extraído.• Acondicionamiento: Finalmente se empaqueta el almidón obtenido y se deposita en un lugar fresco. | |
| Realizado por: Guamán, Efrén, 2021. | |

2.8.2. Técnicas de caracterización Física-Química del Almidón de Papa Superchola y Maracuyá

2.8.2.1. pH

Tabla 9-2: Método para medición de pH

| pH | |
|---|---|
| Materiales y Equipos: | Reactivos: |
| <ul style="list-style-type: none"> • Vidrio reloj • Tubo de ensayo • pH-metro • Balanza analítica | <ul style="list-style-type: none"> • Almidón de Papa Superchola / pericarpio de Maracuyá • Agua destilada |
| Procedimiento: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Pesar en un vidrio reloj 5 gramos de almidón. • Colocar 25 ml de agua destilada en un tubo de ensayo. • Verter los 5 gramos de almidón en el tubo de ensayo. • Verificar el pH de la solución con la ayuda del pH-metro. | |
| Cálculos | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Anotar el valor que muestra el pH-metro | |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

2.8.2.2. Temperatura de Gelatinización

Tabla 10-2: Método para medición de Temperatura de Gelatinización

| Temperatura de Gelatinización | |
|--|---|
| Materiales y Equipos: | Reactivos: |
| <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Reverbero • 2 vasos de precipitación • Balanza analítica • Vidrio reloj • Varilla de agitación | <ul style="list-style-type: none"> • Almidón de Papa Superchola / pericarpio de Maracuyá • Agua |
| Procedimiento: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Agregar agua en el vaso de precipitación y colocar en el reverbero hasta que comience a hervir. • Con la ayuda del vidrio reloj medir y la balanza analítica pesar 5 gramos de almidón. • Colocar el almidón en otro vaso de precipitación y añadir 50 ml de agua. | |

-
- Introducir la mezcla en el agua hervida y someterlo a baño María y con la varilla de agitación agitar hasta tener un gel.
-

Cálculos

- Observar el termómetro, la temperatura en la que se forma el gel
-

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

2.8.2.3. Solubilidad

Tabla 11-2: Método para medición de Solubilidad

| Solubilidad | |
|--|--|
| Materiales y Equipos: | Reactivos: |
| <ul style="list-style-type: none">• Balanza analítica• Reverbero• 2 Vaso de precipitación• Balanza analítica• Vidrio reloj• Varilla de agitación• Tubo de ensayo• Termómetro• Cronometro | <ul style="list-style-type: none">• Almidón de Papa Superchola / Pericarpio de Maracuyá• Agua |
| Procedimiento: | |
| <ul style="list-style-type: none">• Pesar en un vidrio reloj 1.25 gramos de almidón.• Colocar en almidón en un tubo de ensayo y adicional 30 ml de agua.• Prender el baño María hasta que llegue a 60° C.• Colocar el tubo de ensayo al baño María durante 10 minutos, agitar levemente y colocar por 20 minutos más.• Se centrifuga por 20 minutos a 3000 rpm.• Tomar 10 mL del líquido y añadirlo en un vaso de precipitación• Poner en la estufa por un tiempo de 24 horas.• Sacar las muestras y poner en el desecador por 30 min.• Tomar el peso de las muestras. | |
| Cálculos | |
| <ul style="list-style-type: none">• Determinar la división entre la cantidad del soluto por cada 100 gramos de solvente | |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

2.8.2.4. Densidad

Tabla 12-2: Método para medición de Densidad

| Densidad | |
|--|--|
| Materiales y Equipos: | Reactivos: |
| <ul style="list-style-type: none">• Balanza analítica• Probeta de 100 ml | <ul style="list-style-type: none">• Almidón de Papa Superchola / Pericarpio de maracuyá• Agua |
| Procedimiento: | |
| <ul style="list-style-type: none">• Pesar la probeta vacía.• Añadir almidón sin compactar hasta los 100 ml.• Pesar y compactar.• Tomar la diferencia de volumen | |
| Cálculos | |
| <ul style="list-style-type: none">• Determinar la masa con la diferencia de la masa de la probeta con el almidón menos el peso de la probeta vacía y el volumen, que será el volumen desde el punto de compacto del almidón hasta completar los 100 mL | |
| Realizado por: Guamán, Efrén, 2021. | |

2.8.2.5. Humedad

Tabla 13-2: Método para medición de Humedad

| Humedad | |
|---|--|
| Materiales y Equipos: | Reactivos: |
| <ul style="list-style-type: none">• Vidrio reloj• Estufa• Desecador• Balanza analítica | <ul style="list-style-type: none">• Almidón de Papa Superchola / Pericarpio de maracuyá• Agua común |
| Procedimiento: | |
| <ul style="list-style-type: none">• Pesar un vidrio reloj y colocar una cantidad de muestra de almidón.• Colocar en la estufa por un tiempo de 4 horas a una temperatura de 105 °C.• Llevar al desecador hasta que se encuentre a temperatura ambiente.• Pesar el vidrio reloj con la muestra contenida. | |
| Cálculos | |
| $\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100 = \% \text{ Humedad}$ | |
| Realizado por: Guamán, Efrén, 2021. | |

2.8.2.6. Ceniza

Tabla 14-2: Método para medición de Ceniza

| Cenizas | |
|---|---|
| Materiales y Equipos: | Reactivos: |
| <ul style="list-style-type: none">• Crisol de porcelana• Mufla• Desecador• Balanza analítica | <ul style="list-style-type: none">• Almidón de Papa Superchola / Pericarpio de maracuyá |
| Procedimiento: | |
| <ul style="list-style-type: none">• Calentar el crisol de porcelana vacío en la mufla ajustada a 550 ± 15 °C durante 30 minutos.• Enfriar en el desecador y pesar.• Pesar 5 gramos de la muestra.• Colocar el crisol con su contenido al horno mufla a 550 ± 15 °C hasta obtener cenizas de un color gris oscuro.• Sacar de la mufla el crisol con la muestra, dejar enfriar en el desecador.• Pesar a temperatura ambiente. | |
| Cálculos | |
| $\frac{\text{Peso ceniza}}{\text{Peso muestra}} * 100 = \% \text{ Ceniza en base seca}$ | |
| Realizado por: Guamán, Efrén, 2021. | |

2.8.2.7. Viscosidad

Tabla 15-2: Método para medición de Viscosidad

| Viscosidad | |
|---|--|
| Materiales y Equipos: | Reactivos: |
| <ul style="list-style-type: none">• Balanza analítica• Reverbero• Vaso de precipitación• Balanza analítica• Varilla de agitación• Tubo de ensayo• Termómetro | <ul style="list-style-type: none">• Almidón de Papa Superchola / Pericarpio de maracuyá• Agua |
| Procedimiento: | |
| <ul style="list-style-type: none">• Pesar en un vidrio reloj 25 gramos de almidón.• Colocar en almidón en un vaso de precipitación y adicional 500 ml de agua.• Prender el baño María hasta que y colocar la mezcla hasta que esta hierva.• Sacar la mezcla y enfriar hasta los 25° °C.• Medir la viscosidad. | |

- Anotar el valor que muestra el viscosímetro

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

2.8.2.8. Fibra

Tabla 16-2: Método de medición de Fibra

| Método de la evaluación de fibra | |
|--|---|
| Reactivos | Materiales |
| <ul style="list-style-type: none"> • solución de ácido sulfúrico 0.255N. • Solución de hidróxido de sodio 0.31N. • Alcohol octil o silicona. • Alcohol etílico al 95% (V/V) • Éter de petróleo • Solución de ácido clorhídrico al 1% (V/V) | <ul style="list-style-type: none"> • Matraz de bola fondo plano, 600 ml, cuello esmerilado. • Unidad de condensación para el matraz. • Matraz Kitazato de 1 litro. • Embudo Buchner. • Crisol de filtración. • Conos de hule • Papel filtro • Pizeta de 500 ml. • Desecador. • Horno de laboratorio. • Mufla. • Almidón de Papa Superchola / Pericarpio de maracuyá |

Procedimiento:

- Pesar 2,5 gramos de la muestra previamente desengrasada y seca.
- Colocar en el matraz erlenmeyer.
- Adicionar 200ml de la solución de ácido sulfúrico previamente en ebullición.
- Colocar el condensador.
- Llevar a ebullición por un minuto.
- Hervir por 30 min, y mantener constante el volumen con agua destilada.
- Mover periódicamente el matraz.
- Instalar el embudo Buchner con el papel filtro.
- Precalentar con agua hirviendo.
- Retirar el matraz y dejar reposar por un minuto aproximadamente.
- Filtrar con mucho cuidado a través de la succión.
- Lavar el papel filtro con agua hirviendo.
- Transferir el residuo al matraz con ayuda de una pizeta conteniendo 200ml de solución de NaOH en ebullición y hervir por 30 minutos.
- Precalentar el crisol de filtración con agua hirviendo.
- Filtrar con mucho cuidado, después reposar la sustancia hidrolizada por 1 minuto aproximadamente.
- Lavar el residuo con agua hirviendo, con la solución de HCl y nuevamente con agua hirviendo.
- Realizar el lavado tres veces con el éter de petróleo.
- Colocar el crisol en la estufa a 105°C por un tiempo aproximado de 12 horas y enfriar en el desecador.

- Pesar los crisoles con el residuo y colocar en la mufla a 550°C por 3 horas.
- Dejar enfriar en un desecador y pesar.

Cálculos

- A = Peso del crisol más el residuo seco (g)
 - B = Peso del crisol más la ceniza (g)
 - C = Peso de la muestra (g);
 - Contenido de fibra cruda (%) = $100((A - B)/C)$
-

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

2.8.2.9. Proteína

Tabla 17-2: Método de medición de proteína

| MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE PROTEÍNA | |
|---|---|
| Reactivos | Materiales |
| <ul style="list-style-type: none"> • Óxido de mercurio • Sulfato de potasio • Sacarosa • Zinc granulado • Granulado d piedra pomex lavado con ácido sulfúrico y quemada. • Ácido sulfúrico concentrado. • Solución de hidróxido de sodio al 40% • Solución saturada del sulfato de sodio • Solución de tiosulfato de sodio • solución de hidróxido de sodio 0.1N • Solución de hidróxido de sodio 0.25N • Solución de ácido sulfúrico 0.1N • Solución indicadora de rojo de metilo • Solución indicadora de rojo de metilo-azul de metileno | <ul style="list-style-type: none"> • Unidad de digestión y destilación Kjendahl. • Matraces Kjeldahl. |
| Procedimiento: | |

-
- Pesar 1 gramo de muestra.
 - Pasar a un matraz Kjeldahl, adicionar 10 gramos de sulfato de potasio, 0.6 gramos de óxido de mercurio, 25 gramos de ácido sulfúrico y pocos granos de piedra pomex.
 - Calentar el matraz, agitar hasta que la materia se encuentre carbonizada y las burbujas hayan desaparecido.
 - Aumentar la temperatura y permitir la ebullición suave.
 - Evitar que las paredes del matraz se sobrecalienten para que no se le peguen partículas orgánicas.
 - Dejar en ebullición por dos horas y luego enfriar.
 - Repetir el análisis usando una mayor cantidad de ácido sulfúrico.
 - Adicionar con cuidado al matraz 300 ml de agua destilada.
 - Mezclar el contenido al mismo tiempo; dejar enfriar y agregar pocas perlas de Zinc.
 - Transferir 25 ml de solución de ácido sulfúrico 0.1 al matraz de colecta del aparato de destilación, de acuerdo con el valor esperado de Nitrógeno en la muestra, y unas tres gotas rojo de metilo.
 - Adicionar cuidadosamente a la muestra 100 ml de solución de hidróxido de sodio y luego 10 ml de solución de sulfato de sodio.
 - Mezclar bien y conectar inmediatamente al aparato de destilación.
 - Calentar el matraz para destilar alrededor de 150 ml del líquido en un tiempo de 30 minutos.
 - Medir con papel indicador el pH del destilado resultante.
 - Agitar ocasionalmente el contenido del matraz.
 - Titular el exceso de ácido sulfúrico con hidróxido de sodio 0.1N, al punto final del indicador de rojo de metilo o rojo de metilo-azul de metileno.
 - Correr un blanco de reactivos usando 1g de sacarosa en lugar de la muestra.
 - Usar en el cálculo de los resultados.

Cálculos

- Determinar el H_2SO_4 consumido.
- Calcular el porcentaje de Nitrógeno en la muestra y convertirlo a porcentaje de proteína multiplicando el resultado por 6.25.
- Si se sospecha de la presencia de Nitrógeno amoniacal o nitratos en la muestra, evaluar para restarlo del Nitrógeno total.

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

2.8.2.10. Levaduras, mohos y coliformes totales

Para esta prueba los dos almidones se la llevan al laboratorio de aguas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a cargo de la Ing. Gina Álvarez, mediante la cual se determina los mohos, levaduras, coliformes totales y fecales, con el uso de sembrados microbiológicos.

2.8.2.11. Amilosa y amilopectina

La determinación de la cantidad de amilosa y amilopectina en los almidones se lo realizo en el instituto de INIAP y los valores obtenidos en el mismo es proporcionado a través de un informe por la entidad, en esta determinación se utilizó el método MO-LSAIA-04 en base seca.

2.8.2.12. Carbohidratos totales

Los carbohidratos totales se calculan tomando el total de carbohidratos y restando fibra y alcoholes de azúcar el resultado expresado en gramos.

2.8.3. Técnica de obtención de la biopelícula

Tabla 18-2: Obtención de biopolímeros

| Obtención de biopolímeros a escala de Laboratorio | |
|---|---|
| Materiales y Equipos: | Reactivos: |
| <ul style="list-style-type: none">• Vaso de precipitación de 500 ml.• Vaso de precipitación de 100 ml.• Varilla de agitación• Cajas Petri de plástico• Pinzas para vasos de precipitación | <ul style="list-style-type: none">• Almidón de pericarpio de maracuyá y papa superchola• Agua destilada• Glicerina• Ácido acético 0.1 M. |
| Procedimiento: | |
| <ul style="list-style-type: none">• Pesar los almidones con respecto al tratamiento que se esté realizando• Colocar en un vaso de precipitados la cantidad de almidón de papa superchola, y también de almidón de maracuyá y agregar agua destilada necesaria.• Se mezcla bien homogenizando toda la mezcla.• Se agregan la cantidad de glicerina medida para el respectivo tratamiento y así también como el volumen necesario de ácido acético.• Llevar la mezcla a baño maría y agitar constantemente hasta que la mezcla llegue a una temperatura de 60°C donde poco a poco la solución se volverá más espesa y se gelatinizara• Verter la mezcla en las cajas Petri; este biopolímero se deja secar al ambiente durante 48 horas. | |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

2.8.4. Técnicas de caracterización de la biopelícula, determinación de parámetros físicos y mecánicos

2.8.4.1. Análisis sensorial

Tabla 19-2: Método para medición de Análisis sensorial

| Análisis sensorial | |
|--|---|
| Materiales y Equipos: | Reactivos: |
| | <ul style="list-style-type: none">• Biopelícula |
| Procedimiento: | |
| <ul style="list-style-type: none">• Determinamos de manera cualitativa las características de cada formulación, basados en parámetros de calidad esto con la ayuda de un análisis organoléptico.• Anotar aspectos de la biopelícula como textura, aspecto, flexibilidad, color, olor. | |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

2.8.4.2. Espesor de la biopelícula

Tabla 20-2: Método para medición de espesor de la biopelícula

| Espesor de la biopelícula | |
|--|---|
| Materiales y Equipos: | Reactivos: |
| <ul style="list-style-type: none">• Pie de rey digital | <ul style="list-style-type: none">• Biopelícula |
| Procedimiento: | |
| <ul style="list-style-type: none">• Con la ayuda del pie de rey digital realizamos varias mediciones en diferentes puntos de la biopelícula.• Anotamos los valores arrojados por el pie de rey digital. | |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

2.8.4.3. Permeabilidad

Tabla 21-2: Método de evaluación de permeabilidad de la biopelícula

| Método de la evaluación de permeabilidad | |
|---|--|
| Materiales y Equipos: | Reactivos: |
| <ul style="list-style-type: none">• Tubos de ensayo• Tijeras• Desecador | <ul style="list-style-type: none">• Sílica gel• Biopelículas• NaCl |

- Balanza analítica

Procedimiento:

- Dejar activando la sílica gel por 24 horas hasta obtener una humedad relativa del 0%.
- Realizar las muestras por triplicado y lavar los tubos de ensayo.
- Cortar muestras de las biopelículas por cada tratamiento de 2,5x2, 5.
- Llenar los tubos de ensayo con las ¾ de la sílica gel.
- Con las muestras cortadas sellar el tubo en el que se añadió la sílica gel, y asegurar el tubo para que no existan fugas.
- Colocar una solución salina en la base del desecador.
- Pesar los tubos.
- Ingresar los tubos ya sellados en el desecador con una humedad relativa del 50% y dejar por una hora.
- Tomar los pesos cada hora por 6 horas.

Cálculos:

$$WVP = \frac{(P_2 - P_1) * e}{t * pv * (\varphi_2 - \varphi_1)}$$

En donde:

P_2 : Peso de la lámina final.

P_1 : Peso de la lámina inicial.

E: espesor de la lámina.

T: tiempo de determinación.

pv: presión de vapor del proceso.

φ_1 : **Humedad relativa al interior de la celda.**

φ_2 : **Humedad relativa de la cámara con NaCl saturado.**

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

2.8.4.4. Humedad

Tabla 22-2: Método para medición de Humedad

| Humedad | |
|--|--|
| Materiales y Equipos: | Reactivos: |
| <ul style="list-style-type: none"> • Balanza de humedad | <ul style="list-style-type: none"> • Biopolímeros |

Procedimiento:

- Encender la balanza de humedad.
- Colocar el plato para muestras dentro de la balanza cerrar y esperar hasta tarar.
- Colocar 5 g de muestra de biopolímero en el plato para analizar.
- Cerrar la balanza y esperar el tiempo determinado por el equipo para obtener el porcentaje de humedad.
- Retirar la muestra, limpiar el plato y apagar.

FUENTE: Manual de operación de la balanza de humedad del laboratorio de Química analítica, ESPOCH.

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

2.8.4.5. Solubilidad de la biopelícula

Tabla 23-2: Método de determinación de la solubilidad de la biopelícula.

| Determinación de solubilidad de la biopelícula | |
|---|---|
| Materiales y Equipos: | Reactivos: |
| <ul style="list-style-type: none"> • Papel filtro • Vaso plástico • Estufa | <ul style="list-style-type: none"> • Biopelícula • Agua destilada |
| Procedimiento: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Cortar muestras de cada tratamiento con tamaños de 2,5x2, 5. • Colocar la muestra en vasos de plástico con 80 mL de agua destilada y tapar bien. • Colocar la muestra preparada en el Shaker por aproximadamente 1 hora a 200 rpm. • Retirar del Shaker y colocar las muestras en un papel filtro. • Ingresar en la estufa a una temperatura de 105°C. • Pesar hasta obtener peso constante. | |
| Cálculos: | |
| $(\%)Solubilidad = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} * 100$ | |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

2.8.4.6. Biodegradabilidad de la biopelícula

Tabla 24-2: Método para medición el Tiempo de Degradación

| Determinación de biodegradación | |
|---|---|
| Materiales y Equipos: | Reactivos: |
| <ul style="list-style-type: none"> • Recipientes plásticos | <ul style="list-style-type: none"> • Biopelícula • Tierra • Agua |
| Procedimiento: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Cortar muestras de la biopelícula de 3x3 • Utilizar recipientes para cada tipo de prueba que se va a realizar. | |
| AGUA | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Añadir una cantidad de agua de aproximadamente 150 mL hasta el límite del recipiente de aluminio. • Determinar el área de la muestra de 3x3 de la biopelícula. • Añadir la muestra de la biopelícula al recipiente con agua. • Inspeccionar la evolución diariamente tomando el área con el software ImageJ por 30 días. | |
| AIRE | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Tomar el área de la muestra de la biopelícula. | |

-
- Añadir al recipiente plástico.
 - Revisar diariamente la muestra tomando el área con el software ImageJ por 30 días.
-

SUELO

- Añadir una capa de tierra de aproximadamente 2 cm de base en el recipiente de plástico.
 - Determinar el área de la muestra de 3x3 de la biopelícula.
 - Añadir la muestra a la capa añadida y tapar con más tierra hasta cubrir aproximadamente 5 cm del recipiente.
 - Revisar diariamente tomando el área con el software ImageJ por 30 días.
-

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Resultados de la aplicación del diseño factorial 2^2 para determinar el tratamiento óptimo de obtención del almidón de papa superchola

Para extraer el almidón a partir de la papa superchola se aplicó el método húmedo, que consiste en seleccionar el producto, en este caso la papa superchola, que tenga buena apariencia física y sean homogénea con un peso aproximado de 6 kg, limpiar el producto con la ayuda de un cepillo para eliminar cualquier impureza, se pica las papas con la ayuda de un cuchillo para facilitar la trituración en la licuadora, se deja sedimentar por 12 horas, se elimina el sobrenadante y finalmente se deja secar a temperatura ambiente. Se aplicó el diseño factorial 2^2 , esto nos ayudara a identificar el tratamiento óptimo de obtención del almidón, tomando en cuenta que las variables independientes serán la velocidad de la licuadora de un rango de 2000 RPM como una velocidad baja y 6800 RPM como velocidad alta y el tiempo de triturado desde 45 s hasta 60 s, este método consiste en realizar 4 tratamientos con 4 repeticiones por cada uno, es decir 16 experimentaciones en total. Para este análisis se empleó 300 g de materia prima con 500 mL de agua para la trituración y con la ayuda de un cronómetro medimos el tiempo de triturado para luego pesar y determinar el rendimiento.

Tabla 1-3: Resultados de la aplicación del diseño factorial 2² para determinar el mejor rendimiento del almidón de papa superchola.

| TRATAMIENTO | VARIABLES | REPETICIÓN | VOLUMEN AGUA(mL) | PESO(g) | PAPA | | | ALMIDÓN | | TIEMPO DE SECADO (H) |
|-------------|-----------|------------|---------------------|---------|-------|--------|--------|--------------|--------|-------------------------|
| | | | | | R | PROMD. | TOTAL | RENDIM. % | PROMD. | |
| 1 | T1 | RPM A:45 | 500 | 300 | 32,37 | 33,61 | 134,44 | 10,79 | 11,20 | |
| 2 | | | | | 34,52 | | | 11,50 | | |
| 3 | | | | | 31,64 | | | 10,54 | | |
| 4 | | | | | 35,91 | | | 11,97 | | |
| 5 | T2 | RPM A:60 | 500 | 300 | 41,35 | 34,84 | 139,34 | 13,78 | 11,60 | 48 |
| 6 | | | | | 34,64 | | | 11,54 | | |
| 7 | | | | | 34,22 | | | 11,40 | | |
| 8 | | | | | 29,13 | | | 9,71 | | |
| 9 | T3 | RPM B:45 | 500 | 300 | 41,12 | 36,65 | 146,59 | 13,70 | 12,21 | 54 |
| 10 | | | | | 31,62 | | | 10,54 | | |
| 11 | | | | | 36,23 | | | 12,08 | | |
| 12 | | | | | 37,62 | | | 12,54 | | |
| 13 | T4 | RPM B:60 | 500 | 300 | 30,21 | 37,93 | 151,71 | 10,07 | 12,64 | 58 |
| 14 | | | | | 36,12 | | | 12,04 | | |
| 15 | | | | | 41,11 | | | 13,70 | | |
| 16 | | | | | 44,27 | | | 14,75 | | |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

La Tabla 1-3 explica la manera como se trabaja para la obtención del almidón de papa superchola, como se indicó se realiza 4 tratamientos como son: T1,T2,T3 y T4 y 4 repeticiones que son: R1,R2,R3 y R4; esto para cada tratamiento, cada tratamiento consta de 2 variables; revoluciones por minuto (RPM), una de alta (A) y baja (B) y la otra variable es el tiempo de trituración, de 45 segundos y 60 segundos, además el volumen de agua y materia prima fue de 500 mL y 300g para todos los tratamientos respectivamente. El tiempo de secado de los tratamientos TB1 y TB2 fueron 48 horas el tratamiento TB3 y TB4 fueron de 54 y 58 horas respectivamente, esto debido a que estas presentaban mayor espesor y por ende tardaron más en secarse. Así se pudo obtener el promedio en peso para la obtención del rendimiento en la extracción del almidón de papa superchola.

En la investigación de (Guamán, 2019, p. 42) menciona que el rendimiento del almidón promedio por el método extracción por decantación natural es del 8,2 al 10,7 % , mientras que en la presente investigación se obtuvo un rendimiento entre el 11,20 % a 12,64%

Tabla 2-3: Análisis de resultados ANOVA para la extracción de almidón de papa superchola

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr (>F) |
|--------------------|-----------|---------------|----------------|----------------|-------------------|
| Tratamiento | 3 | 43,85 | 14,62 | 0,712 | 0,564 |
| Residuals | 12 | 246,53 | 20,54 | | |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

En la Tabla 2-3 se representa el valor obtenido de la varianza utilizando el estudio ANOVA, para los 4 tratamiento, donde se determinó que el valor de P es 0,564 este valor es $>$ a 0,05 por lo que se determina que la hipótesis es nula y esto a su vez determina que no existe diferencia significativa entre los datos obtenidos (tratamientos) del almidón y no es necesario realizar el análisis Tukey.

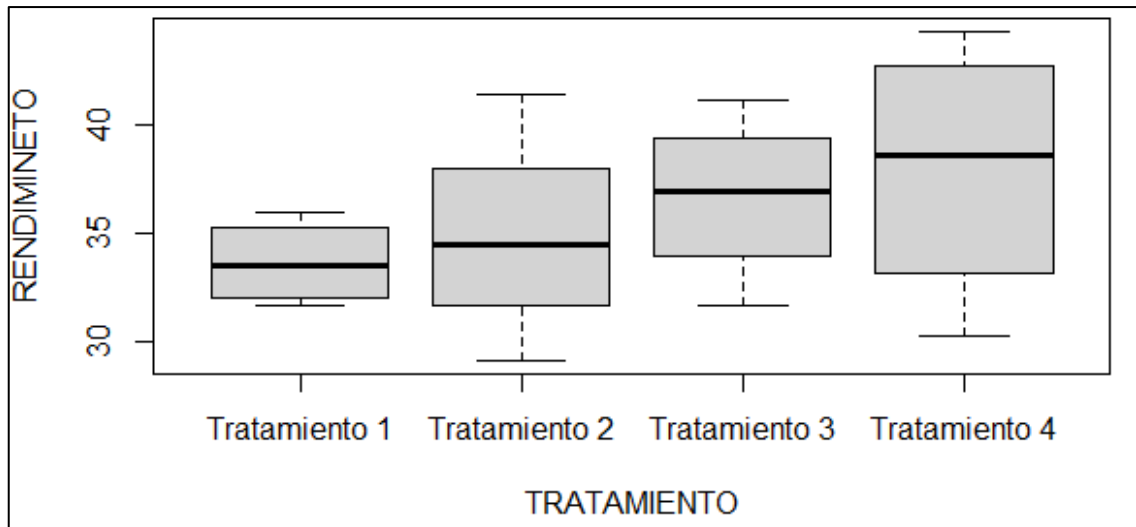


Gráfico 1.3. Diagrama de caja para los 4 tratamientos en la obtención del almidón de papa superchola

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.



Figura 1-3. Tratamientos en la obtención de almidón de papa superchola

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

3.1.2. Resultados de la obtención de almidón del pericarpio de maracuyá

Tabla 3-3: Resultado de la obtención del almidón del pericarpio de maracuyá

| TRATAMIENTO | MÉTODO | REPETICIÓN | PESO | | RENDIMIENTO % | TIEMPO DE SECADO (h) | |
|-------------|--------|------------|-------------|-------------------|------------------|-------------------------|-------|
| | | | Inicial (g) | | | | |
| | | | MARACUYÁ | ALMIDÓN | | | |
| | | | | Peso final (g) | TOTAL | R | |
| 1 | T1 | Seco | R1 | 7564,73 | 936,43 | 936,43 | 12,37 |
| | | | | | | | 120 |
| 2 | T2 | Seco | R2 | 5253,38 | 610,31 | 610,31 | 11,61 |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

En la Tabla 3-3 Se muestra los resultados obtenidos en la obtención del almidón del pericarpio de maracuyá por el método seco, no se lo realizó por el método húmedo puesto que el pericarpio de maracuyá al tener azúcares en su estructura tiende a reducirse y fermentarse y no sedimenta el almidón, tal y como lo manifiesta (Luna, 2014, p. 12), el contenido de azúcares por cada 100 gramos de producto crudo de la maracuyá presenta 12,5 gramos de azúcar, además (Intriago, 2020, p. 27) también menciona en su investigación “Estudio comparativo del rendimiento en la producción de bioetanol a partir del material lignocelulósico del Banano (*Musa paradisiaca L*) y el Maracuyá (*Passiflora edulis*)” que al hacer una caracterización físico química a la cáscara de maracuyá se encontró entre 1 y 3 grados Brix.

Como se puede verificar el rendimiento del almidón es bajo, puesto que el pericarpio de maracuyá está constituido mayoritariamente por agua y esto al dejar secar pierde peso considerablemente además el tiempo de secado es alto, fue de 120 horas y adicional a esto se llevó a la estufa del laboratorio de bromatología de la ESPOCH por 6 horas más para un mayor secado de la materia, ya que para que para obtener el almidón el pericarpio de maracuyá tiene que ser molido por lo que el producto tiene que estar lo más seco posible.

A partir del producto seco del pericarpio de maracuyá se procedió al triturado con la ayuda de un molino casero y a continuación a tamizar, esto se realizó con el tamiz de 300 μm , 110 μm y 53 μm , puesto que, al momento de realizar las biopelículas, el almidón del pericarpio no presentaba homogeneidad y por ende no idóneas para la biopelícula, este proceso se lo realizó dos veces por el método seco y cabe recalcar que fue un proceso realizado en casa. Este proceso se aplicó en concordancia con (Chariguamán, 2015, p. 51) que menciona que al realizar la molienda al albedo de maracuyá este no tiene el tamaño requerido para ser almidón, por lo que el almidón es atravesado por diferentes mallas pero en la que mayor porcentaje de partículas fue desde la malla de 75 a 250 μm .



Figura 2-3. Sacado a temperatura ambiente de pericarpio de maracuyá para la obtención del almidón.

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

3.1.3. Resultado del análisis físico químico y microbiológico proximal del almidón a partir de papa superchola

Una vez analizado los tratamientos experimentales se obtuvo el almidón con el mejor rendimiento por el método húmedo, a partir del almidón del pericarpio de maracuyá se realizó la caracterización del análisis físico, químico, proximal y microbiológico, en el Laboratorio de Investigación y en el laboratorio de Agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

Tabla 4-3: Resultados del análisis químico proximal del almidón de papa superchola

| PARÁMETROS | UNIDADES | VALOR | ESTÁNDAR | NORMA / INSTITUCIÓN |
|-------------------------------|----------|---------|-------------------------|--------------------------------------|
| Humedad | % | 12,37 | 10 - 13 % | ISO 1666 (1996) |
| Ceniza | % | 0,52 | Max 3% | FAO (Palacios et al., 2015) |
| Solubilidad | % | 0,46 | 0,27 - 12,32 % | (Anderson, Conway y Peplinski, 1970) |
| pH | | 6,65 | 6 - 6,5 | FAO (Charro, 2015) |
| Fibra | % | 0,43 | máx.: 2,0 % | ISO 5498 (1981) |
| Proteína | % | 1,45 | Max 2,1 | FAO (Charro, 2015) |
| Densidad | g/ml | 4,44 | máx.: 1,560 g/ml | NTE INEN 524:2013 |
| Viscosidad dinámica | mPa.s | 5431,80 | 25000 ± 36 ^a | (Vargas, Martínez y Velezmore, 2016) |
| Temperatura de gelatinización | °C | 62,5 | 59-68 | FAO (Guamán, 2019) |
| Carbohidratos Totales | % | 77,10 | 71 -80 | FAO (Soto y Yantas, 2012) |
| Amilosa | % | 19,90 | 18 – 24 | FAO (Guamán, 2019) |
| Amilopectina | % | 76,79 | 74 – 83 | ISO 6647-1 (2014) |
| Mohos y Levaduras | UPC/g | 258 | Máx. 500 | FAO (Palacios et al., 2015) |
| Coliformes fecales | UPC/g | - | 0 | FAO |
| Coliformes totales | UPC/g | - | 1000-5000 | FAO |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

En la Tabla 4-3 se detalla los resultados obtenidos mediante la caracterización del almidón de papa superchola obtenido por el método húmedo, con sus respectivos valores referenciales, normas y métodos en las que se basó para su determinación.

Según (Guamán, 2019, p. 38) el contenido de humedad por el método, Analizador Radwag-PMC 50 obtiene 11,56 % de humedad, mientras en esta investigación se obtiene el 12,37% , estos valores están dentro del límite estándar para el almidón de papa superchola según ISO 1666 (1996) que tiene un rango de 10 a 13%. Además esta autora menciona que el contenido de amilosa obtenido

en su investigación fue de 20,80 % siguiendo el método de Morrison y laignelet, este valor es muy cercano al obtenido en esta investigación que fue del 19, 90% los dos datos están entre el rango estándar según (Palacios et al., 2015, p. 62).

El pH y proteína obtenido se midió con los valores estándar de (Charro, 2015, p. 33) que tuvo un rango de 6 a 6,5 de pH y 2,1 % máximo de proteína, el valor del pH que fue de 6,65 esta sobre de los parámetros estandarizados, esto pudo ser debido al agua ocupado para su trituración que fue agua Tesalia, mientras que el % de proteína fue de 1,45, este valor si está dentro del rango del parámetro.

Con respecto a la determinación de ceniza, mohos y hongos fue comparada con los valores obtenido en la investigación de (Palacios et al., 2015, p. 40) y con los límites estándar para estas pruebas, el valor estándar para la ceniza para la papa superchola es máximo de 3% , el autor ya anteriormente mencionado obtiene un valor de 1,08 % , mientras que en la presente investigación el valor obtenido fue de 0,53%, los dos valores están dentro del rango permitido. La determinación de mohos y hongos en el almidón de papa superchola se obtuvieron valores de 260 UPC/g por parte de (Palacios et al., 2015, p. 41) y en el almidón obtenido en esta investigación fue de 246 UPC/g, el valor estándar para esta prueba es de 500 UPC/g , es decir los dos valores cumplen con el valor estándar límite.

Mediante bibliografía se estableció que la temperatura de gelatinización está en un rango estándar de 59 a 68 °C, en la presente investigación la temperatura de gelatinización del almidón de papa superchola fue a una temperatura de 62,50 °C este valor fue corroborado por (Guamán, 2019, p. 43) y (Meza, 2016, p. 51) quienes obtuvieron una temperatura de gelatinización de 60 °C y 69 °C respectivamente, el primer valor se encuentra dentro del rango mientras que el segundo rango está por encima de valor estándar, además indica que el valor obtenido de temperatura de gelatinización es baja según (Anderson, Conway y Peplinski, 1970, p. 17).

3.1.4. Resultado del análisis físico químico y microbiológico proximal del almidón a partir de papa superchola

Tabla 5-3: Resultados del análisis químico proximal del almidón del pericarpio de Maracuyá

| PARÁMETROS | UNIDADES | VALOR | ESTÁNDAR | NORMA / INSTITUCIÓN |
|-------------|----------|-------|------------------|--|
| Humedad | % | 8,81 | 10 - 13 % | FAO (Chariguamán, 2015) |
| Ceniza | % | 4,44 | máx.: 3,0 % | (Martín et al., 2013) |
| Solubilidad | % | 11,57 | 0,27 - 12,32 % | FAO (Anderson, Conway y Peplinski, 1970) |
| pH | | 5,94 | 5 - 9 | FAO (Escribano, 2020) |
| Fibra | % | 0,11 | máx.: 30 % | (Martín et al., 2013) |
| Proteína | % | 0,41 | 8,80±1,00 | (Martín et al., 2013) |
| Densidad | g/ml | 2,14 | máx.: 1,560 g/ml | |

| | | | | |
|-------------------------------|-------|-------|-----------|------------------|
| Viscosidad dinamica | mPa.s | 42421 | 840-1500 | FAO (ISI 2002) |
| Temperatura de gelatinización | °C | 72 | 57,7-70 | FAO Grace (1977) |
| Carbohidratos Totales | % | 93,69 | 85-90 | FAO |
| Amilosa | % | 4,73 | 17 – 24 | |
| Amilopectina | % | 95,27 | 74 – 83 | FAO |
| Mohos y Levaduras | UPC/g | - | <10 | FAO |
| Coliformes totales | UPC/g | - | 1000-5000 | FAO |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

En la Tabla 5-3 se detalla los resultados obtenidos mediante la caracterización del almidón del pericarpio de maracuyá obtenido por el método seco, con sus respectivos valores referenciales, normas y métodos en las que se basó para su determinación.

(Martín et al., 2013, p. 45) obtuvo en la cáscara de maracuyá un 7.00 % de humedad y 9.00 % en ceniza en la cáscara de maracuyá mientras que (Chávez, 2018, p. 28), obtiene en su investigación un porcentaje en cenizas de 0.50- 0.60 % y que en la presente investigación se obtiene 8,81 % de humedad, 4,44 % de cenizas, la ceniza presente en el pericarpio de maracuyá debe estar en un valor estándar de 3 % máximo por lo que el valor obtenido en esta investigación como por (Martín et al., 2013, p. 31) están por encima del límite. La humedad estándar es de 10 a 13 %, este valor está por encima del valor obtenido en esta investigación.

El pH obtenido fue de 5,94 y está dentro de los límites estándar que fueron de 5 a 9, por su parte (Escribano, 2020, p. 15) en su investigación obtiene un pH 6,10 en el almidón de maracuyá por lo que también cumple con el valor estándar.

El valor de proteína y fibra según bibliografía tienen un valor estándar de 8,80±1,00 y 30 % máximo respectivamente para las dos pruebas, los valores obtenidos en la presente investigación son: 0,41% para la proteína y 0,11 % para fibra, mostrando que el valor de fibra cumple con este parámetro, a comparación de la proteína está por debajo de los límites, este valor pudo ser afectado por un error en la realización de estas pruebas en el laboratorio o contaminación de las muestras, mientras que (Martín et al., 2013, p. 20) en su investigación obtiene valores de, fibra: 23% en materia seca y 3,90% en proteína, por lo que el valor de proteína no cumple el valor estándar pero si el valor de fibra.

El valor de la amilosa y la amilopectina fueron muy importantes establecerla en esta investigación porque con base en los resultados obtenidos del análisis de los almidones, se pudo realizar las formulaciones deseadas, puesto que para la obtención de la biopelícula se basa en propiedades químicas, físicas y funcionales de la amilosa para formar geles y su capacidad para formar películas, mencionado por (Chariguamán, 2015, p. 4), por lo que como se puede observar en la Tabla

5-3 el valor de la amilosa obtenida fue de 4,73 % por debajo de la cantidad de amilosa obtenida de la papa superchola en la Tabla 4-3 que fue de 19,90%, es por esta razón el almidón de papa superchola se ocupa en mayor proporción que del pericarpio de maracuyá para la formulación de la biopelícula óptima.

3.1.5. Resultados de la determinación del tratamiento óptimo según el diseño factorial de la obtención de la biopelícula

Una vez caracterizado los almidones obtenidos de papa superchola y de pericarpio de Maracuyá, se procede a realizar la obtención de la biopelícula, para lo cual se aplica el diseño factorial 2², para lo cual se tiene a la cantidad de almidón del pericarpio de maracuyá que va de 0,5g a 1g y el % de plastificante que va de 1,5 mL a 2 mL, como variables independientes, donde cada uno de estos tratamientos para obtener la biopelícula (TB) habrá 4 repeticiones, a continuación en la Tabla 6-3 se detalla la aplicación del diseño factorial 2² para la obtención de la biopelícula.

Tabla 6-3: Resultado de las cantidades totales a usar para obtener la biopelícula

| TRATAMIENTO | Cantidad | | | | |
|-------------|-----------------|---------------------------|-------------------|--------------|--------------------------|
| | Almidón (g) | | Glicerina (ml) | Agua (ml) | Ácido acético (ml) |
| | Papa Superchola | Pericarpio de Maracuyá | | | |
| TB1 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 30 | 4 |
| TB2 | 1,5 | 1 | 1,5 | 30 | 4 |
| TB3 | 1,5 | 0,5 | 2 | 30 | 4 |
| TB4 | 1,5 | 1 | 2 | 30 | 4 |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

Tabla 7-3: Resultado del análisis factorial 2² de la obtención de las biopelículas

| No. | TRATAMIENTO | VARIABLE | REPETICIÓN | TEMPERATURA (°C) | TIEMPO (min) | SECADO | | ESPESOR (mm) | | |
|-----|-------------|-----------|------------|---------------------|--------------|-------------------|--------|---------------------|------------|------|
| | | | | | | ELABORACIÓN | MÉTODO | TEMPERATURA (°C) | TIEMPO (H) | |
| 1 | TB1 | CA1 : CG1 | R1 | 64 | 4 | SECADO NATURAL | 25°C | 48 | 0,15 | 0,16 |
| 2 | | | R2 | | 5 | | | | 0,15 | |
| 3 | | | R3 | | 3 | | | | 0,17 | |
| 4 | | | R4 | | 4 | | | | 0,16 | |
| 5 | TB2 | CA2 : CG1 | R1 | | 3 | | | | 0,18 | 0,16 |
| 6 | | | R2 | | 4 | | | | 0,17 | |
| 7 | | | R3 | | 5 | | | | 0,15 | |
| 8 | | | R4 | | 4 | | | | 0,15 | |
| 9 | TB3 | CA1 : CG2 | R1 | | 5 | | | | 0,14 | 0,15 |
| 10 | | | R2 | | 3 | | | | 0,16 | |
| 11 | | | R3 | | 4 | | | | 0,17 | |
| 12 | | | R4 | | 5 | | | | 0,15 | |
| 13 | TB4 | CA2 : CG2 | R1 | | 4 | | | | 0,14 | 0,15 |
| 14 | | | R2 | | 4 | | | | 0,14 | |
| 15 | | | R3 | | 3 | | | | 0,15 | |
| 16 | | | R4 | | 4 | | | | 0,16 | |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

En la Tabla 7-3 se muestra los resultados del análisis factorial 2², se trabajó a una temperatura de 64°C además el secado de las biopelículas a temperatura ambiente por 48 horas.

Tabla 8-3: Análisis ANOVA de resultados de la formulación de la biopelícula (Espesor)

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr (>F) |
|--------------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Tratamiento | 3 | 0,0004687 | 0,0001563 | 1,087 | 0,392 |
| Residuals | 12 | 0,0017250 | 0,0001437 | | |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

En la Tabla 8-3 se muestra el análisis estadístico de varianza mediante ANOVA, donde la interacción con la probabilidad arroja un valor de 0,392 el cual es > a 0,5 esto indica que no existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos y por ende se puede elegir a cualquiera de los tratamientos de obtención de la biopelícula.

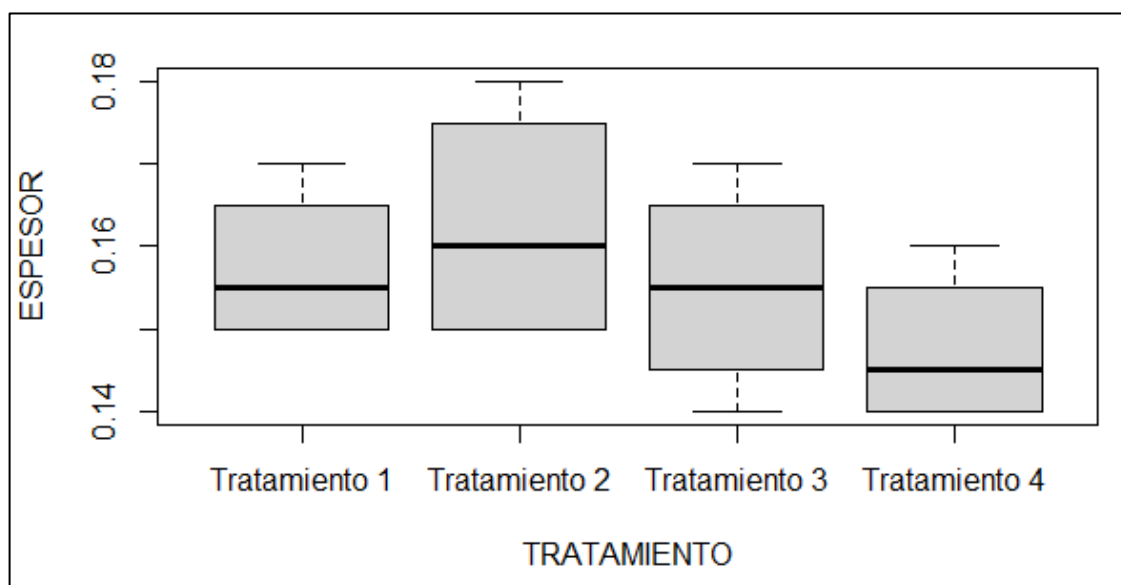


Gráfico 2.3. Diagrama de caja para los 4 tratamientos en la obtención de la biopelícula

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

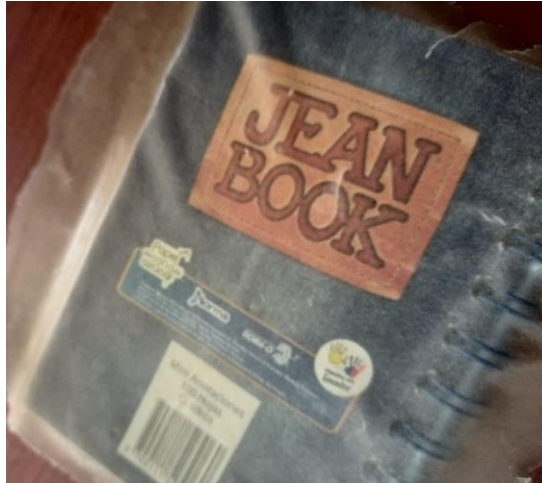


Figura 3-3. Biopelícula obtenida aplicando el tratamiento (TB3)

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

3.1.6. Resultados de la caracterización de ensayos físicos y mecánicos de la biopelícula.

A partir de la obtención de la biopelícula se procedió al análisis sensorial, además, se realizó la elaboración de biopelículas de mayor tamaño a fin de determinar las características físicas y mecánicas.

3.1.6.1. Análisis sensorial

Tabla 9-3: Resultado del análisis sensorial de los 4 tratamientos para la obtención de la biopelícula

| Formulaciones | Parámetros | | | |
|---------------|------------|---------|---------------|-------------|
| | Aspecto | Textura | Flexibilidad | Resistencia |
| TB1 | Poco opaco | Lisa | Flexible | Débil |
| TB2 | Poco opaco | Rugosa | Poco flexible | Débil |
| TB3 | Poco opaco | Lisa | Flexible | Fuerte |
| TB4 | Poco opaco | Rugosa | Flexible | Fuerte |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

En la Tabla 9-3 se muestra el análisis sensorial que se realiza a las biopelículas por cada tratamiento, todas las biopelículas mostraban apariencia opaca además la mayoría era medianamente flexibles pero el TB1 y TB2 eran débiles y el TB3 y TB4 eran más resistentes, con respecto a su textura ésta presentaba en algunas zonas lisas y otras rugosas, no era completamente homogéneo esto lo pudimos comprobar al medir el espesor de la biopelícula que no en todas las áreas de la misma película tenía el mismo espesor.

3.1.6.2. Contenido de humedad

Tabla 10-3: Resultados del ensayo de determinación de humedad de la biopelícula

| TRATAMIENTO | VARIABLE | REPETICIÓN | HUMEDAD (%) | LÍMITE DE REFERENCIA |
|-------------|-----------|------------|-------------|--------------------------------------|
| TB1 | CA1 : CG1 | R1 | 19.2 | 19,3-22,1% (Escobar et al., 2009) |
| | | R2 | 17.1 | |
| | | R3 | 18.2 | |
| | | R4 | 19.9 | |
| TB2 | CA1 : CG2 | R1 | 20.4 | |
| | | R2 | 19.1 | |
| | | R3 | 22.7 | |
| | | R4 | 19.6 | |
| TB3 | CA2 : CG1 | R1 | 19.4 | |
| | | R2 | 21.4 | |
| | | R3 | 20.3 | |
| | | R4 | 20.7 | |
| TB4 | CA2 : CG2 | R1 | 17.0 | |
| | | R2 | 18.2 | |
| | | R3 | 17.4 | |
| | | R4 | 17.7 | |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

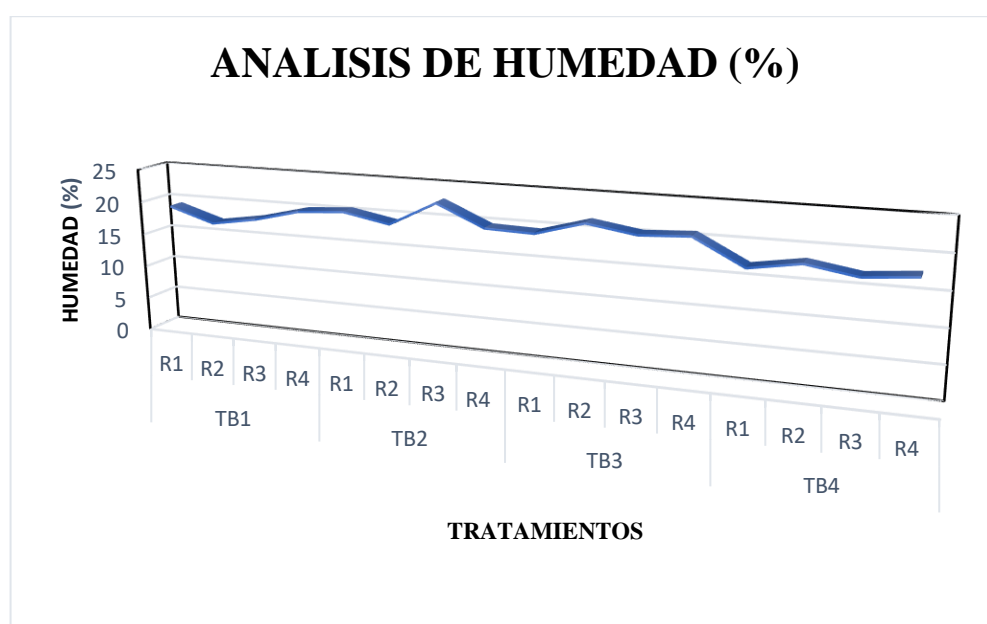


Gráfico 3-3. Análisis gráfico de la humedad obtenida en las diferentes biopelículas

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

En la Tabla 10-3 se puede observar los valores obtenidos de % de humedad de los distintos tratamientos de biopelículas con su respectiva repetición, (Escobar et al., 2009, p. 46) menciona que el límite de referencia del % de humedad para la biopelícula es de 19,3-22,1%, de las biopelículas obtenida ninguna supera el límite superior pero si el inferior, en el Gráfico 3-3 muestra que los datos obtenidos tienden a ser semejantes esto es complementado con (Guamán, 2019, p. 41) que obtiene valores de 20,82 y 21,33% de humedad promedio, en esta investigación se obtuvo valores entre 17,0 % de humedad mínima y 22,7% de humedad máxima.

3.1.6.3. Espesor

Tabla 11-3: Resultados del ensayo de determinación de espesor de la biopelícula

| TRATAMIENTO | VARIABLE | REPETICIÓN | ESPESOR (mm) | LÍMITE DE REFERENCIA |
|-------------|-----------|------------|-----------------|----------------------------------|
| TB1 | CA1 : CG1 | R1 | 0.15 | Max. 2,0 mm (INEN-2542, 2010) |
| | | R2 | 0.15 | |
| | | R3 | 0.17 | |
| | | R4 | 0.16 | |
| TB2 | CA1 : CG2 | R1 | 0.18 | |
| | | R2 | 0.17 | |
| | | R3 | 0.15 | |
| | | R4 | 0.15 | |
| TB3 | CA2 : CG1 | R1 | 0.14 | |
| | | R2 | 0.16 | |
| | | R3 | 0.17 | |
| | | R4 | 0.15 | |
| TB4 | CA2 : CG2 | R1 | 0.14 | |
| | | R2 | 0.14 | |
| | | R3 | 0.15 | |
| | | R4 | 0.16 | |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

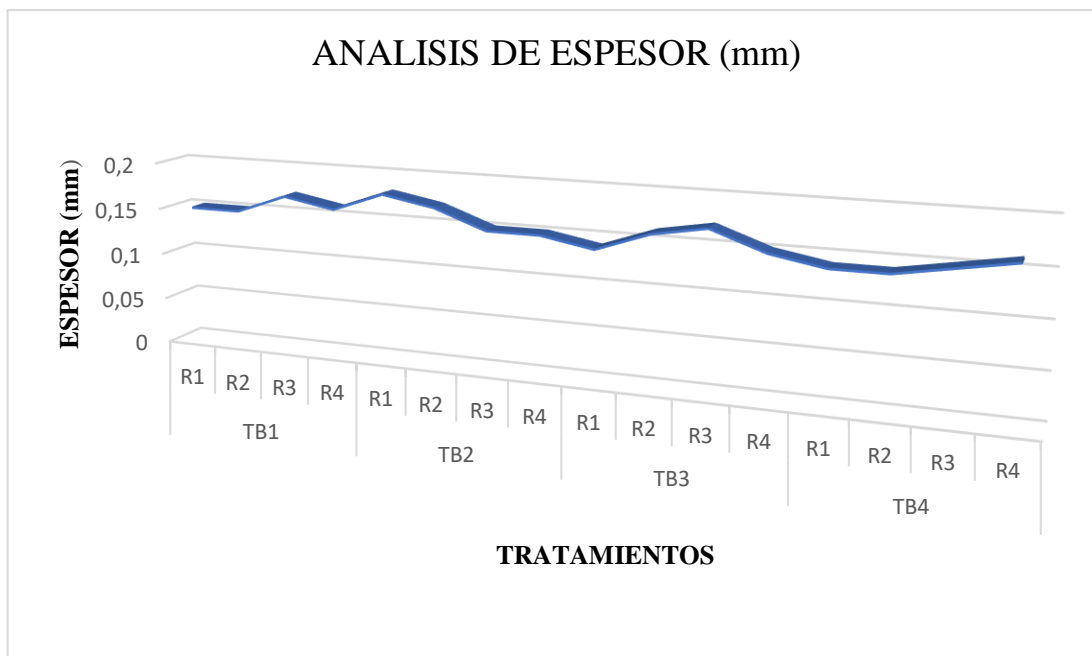


Gráfico 4-3. Análisis gráfico del espesor de la biopelícula obtenida

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

La Tabla 9-3 muestra los valores diferentes de espesor por cada tratamiento y sus repeticiones, según la norma (INEN-2542, 2010, p. 7) la biopelícula obtenida no debe sobrepasar el límite máximo que es 2,00 mm, además se puede verificar en el Gráfico 4-3 cómo es que los datos obtenidos no tienen tendencia a sobrepasar este valor, (Escobar et al., 2009, p. 30) menciona que el espesor límite es de $0,120 \pm 0,010$ mm, haciendo que este rango estándar esté por debajo de los valores obtenidos de espesor en la presente investigación. Así mismo (Chariguamán, 2015, p. 22) menciona que al conocer el espesor, es posible obtener información sobre las propiedades reológicas y de barrera a los gases o vapor de agua, en su investigación obtiene valores de espesor de $0,22 \pm 0,01$ mm y como máximo $0,42 \pm 0,14$, además señala que al saber el valor de espesor me ayuda a evaluar la homogeneidad de una película y donde presenta variaciones de espesor, también tiene variación y problemas en el análisis reológicas y de barrera.

3.1.6.4. Permeabilidad

Tabla 12-3: Resultados del ensayo de determinación de permeabilidad de la biopelícula

| TRATAMIENTO | VARIABLE | REPETICIÓN | PERMEABILIDAD (g/h*m*Mpa) | LÍMITE DE REFERENCIA |
|-------------|-----------|------------|------------------------------|-------------------------|
| TP1 | CA1 : CG1 | R1 | 0.00191 | |
| | | R2 | 0.00211 | |
| | | R3 | 0.00212 | |
| | | R4 | 0.00201 | |

| | | | | |
|------------|-----------|----|---------|--|
| TP2 | CA1 : CG2 | R1 | 0.00239 | 0,00209 ±0,0010 (Wang et al., 2013) |
| | | R2 | 0.00221 | |
| | | R3 | 0.00213 | |
| | | R4 | 0.00221 | |
| TP3 | CA2 : CG1 | R1 | 0.00191 | |
| | | R2 | 0.00199 | |
| | | R3 | 0.00201 | |
| | | R4 | 0.00209 | |
| TP4 | CA2 : CG2 | R1 | 0.00213 | |
| | | R2 | 0.00200 | |
| | | R3 | 0.00197 | |
| | | R4 | 0.00211 | |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

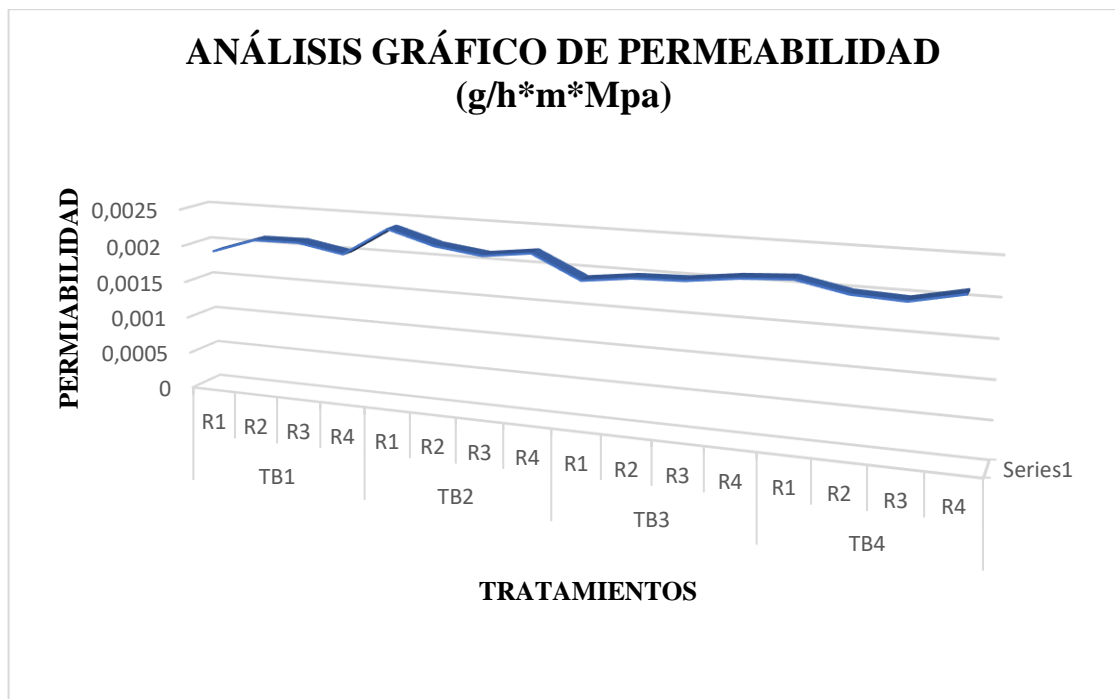


Gráfico 5-3. Análisis gráfico de Permeabilidad de la biopelícula obtenida

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

En la Tabla 12-3 se muestra los valores de permeabilidad, con un límite de referencia de 0,00209 ±0,0010 (Wang et al., 2013, p. 25) y en el Gráfico 5-3 podemos apreciar que los valores obtenidos sobrepasan y están por debajo del valor límite de referencia de permeabilidad

3.1.6.5. Ensayo de tracción

Tabla 13-3: Resultados de la prueba de tracción de la biopelícula

| No. | TRATAMIENTO | ESFUERZO | MÓDULO | ESFUERZO | MÓDULO |
|-----|-------------|----------|---------|----------|---------|
| | | TENSIÓN | TENSIÓN | FLEXIÓN | FLEXIÓN |
| | | (MPa) | (Mpa) | (a) | (Mpa) |
| 1 | TP1 | 6,98 | 2,39 | 2,12 | 20,35 |
| 2 | TP2 | 5,89 | 1,51 | 1,59 | 22,90 |
| 3 | TP3 | 7,84 | 2,69 | 2,12 | 22,88 |
| 4 | TP4 | 3,26 | 0,61 | 1,15 | 17,56 |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

La Tabla 13-3 muestra los valores de tracción de la biopelícula obtenida, donde el mayor módulo de flexión es el tratamiento de obtención de la biopelícula 2 (TB2) con 22,90 Mpa y 1,59 Mpa en esfuerzo de tensión, que al comparar con un plástico común como por ejemplo con el PET tiene 48,26 Mpa de resistencia a la tensión y 2757,90 Mpa de elasticidad, se puede concluir que la biopelícula obtenida está por debajo de las cualidades de un plástico común como se puede verificar en la Tabla 13-1.

3.1.6.6. Solubilidad

Tabla 14-3: Resultados del ensayo de determinación de solubilidad de la biopelícula

| TRATAMIENTO | VARIABLE | REPETICIÓN | SOLUBILIDAD (%) | LÍMITE DE REFERENCIA |
|-------------|-----------|------------|-----------------|---------------------------------------|
| TP1 | CA1 : CG1 | R1 | 44.51 | 39,0-59,5 % (Escobar et al., 2009) |
| | | R2 | 45.12 | |
| | | R3 | 42.55 | |
| | | R4 | 40.50 | |
| TP2 | CA1 : CG2 | R1 | 50.27 | |
| | | R2 | 52.20 | |
| | | R3 | 54.21 | |
| | | R4 | 52.21 | |
| TP3 | CA2 : CG1 | R1 | 51.41 | |
| | | R2 | 55.11 | |
| | | R3 | 54.31 | |
| | | R4 | 53.31 | |
| TP4 | CA2 : CG2 | R1 | 55.64 | |
| | | R2 | 56.90 | |

| | |
|----|-------|
| R3 | 58.93 |
| R4 | 52.83 |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

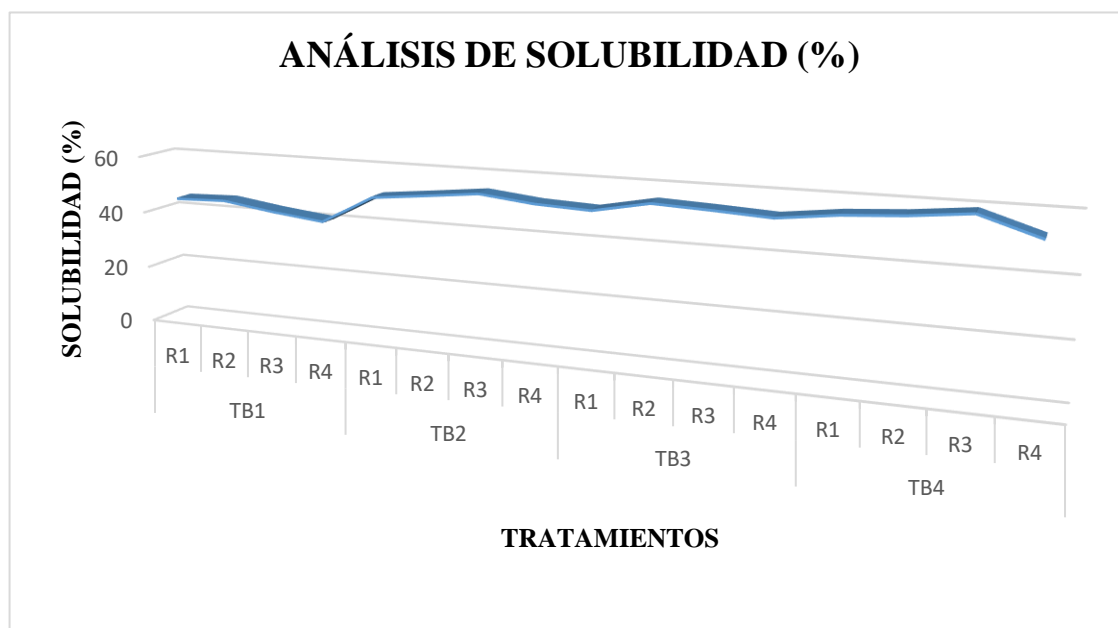


Gráfico 6-3. Análisis gráfico de la solubilidad obtenida en las diferentes biopelículas

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

El análisis de solubilidad presentado en la Tabla 14-3 presenta que el límite de referencia es 39,0-59,5 % y los valores obtenidos se encuentran dentro del rango establecido por (Escobar et al., 2009, p. 24), los valores que estén por debajo de este es porque en su formulación posee una cantidad menor de glicerol, porque este producto químico ayuda a aumentar o disminuir la solubilidad dependiendo sea del caso, esto se puede diferenciar verificando los valores de solubilidad del TB1 y TB3, donde para su formulación se ocupó 1,5 mL y 2 mL de glicerina respectivamente. El Gráfico 6-3, ayuda a comprender la expresión de los valores obtenidos en la Tabla para la solubilidad de las biopelículas.

3.1.6.7. Biodegradabilidad

Tabla 15-3: Resultados de la biodegradación de la biopelícula en Agua

BIODEGRADACIÓN EN AGUA

| | Día | | Día | | Día | | Día | | Día | | Día | | Día | |
|----|----------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|--|
| | 0 | | 5 | | 10 | | 15 | | 20 | | 25 | | 30 | |
| N° | Área (cm ²) | Área (cm ²) | Degradación (%) | Área (cm ²) | Degradación (%) | Área (cm ²) | Degradación (%) | Área (cm ²) | Degradación (%) | Área (cm ²) | Degradación (%) | Área (cm ²) | Degradación (%) | |
| T1 | 9 | 6,96 | 22,67 | 4,89 | 45,67 | 2,82 | 68,67 | 2,13 | 76,33 | 0,62 | 93,11 | 0,23 | 97,44 | |
| T2 | 9 | 7,01 | 22,11 | 4,92 | 45,33 | 2,87 | 68,11 | 2,87 | 68,11 | 0,96 | 89,33 | 0,38 | 95,78 | |
| T3 | 9 | 6,89 | 23,44 | 4,79 | 46,78 | 2,91 | 67,67 | 2,87 | 68,11 | 0,85 | 90,56 | 0,24 | 97,33 | |
| T4 | 9 | 6,91 | 23,22 | 4,83 | 46,33 | 2,88 | 68,00 | 2,90 | 67,78 | 0,92 | 89,78 | 0,26 | 97,11 | |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

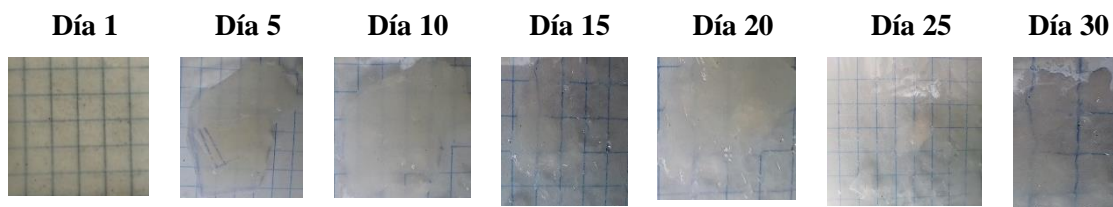


Gráfico 7-3. Resultados de la biodegradación en agua

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

Para la realización de esta prueba fue necesario cortar la biopelícula en cuadrados de 3 cm de largo por 3 cm de ancho, a continuación, se puso 150 mL de agua aproximadamente en un recipiente plástico, donde se deposita la biopelícula cortada y se ubicó en un lugar fresco al ambiente y por último este fue inspeccionado cada 5 días por un total de 30 días.

La prueba de degradación en medio acuoso que obtuvo en los primeros 5 días fue una degradación mínima y máxima de 22,11 % a 23,22% respectivamente, puesto que absorbieron agua rápidamente, para el día 10,15,20 y 25 la degradación máxima llegó a 46,78 %; 68,67%; 76,33%; y 93,11%, finalmente al día 30 la biopelícula analizada era casi inobservable puesto que casi todo el cuadrado fue degradado llegando a un máximo de 97,44% de degradación, así lo podemos observar en el Gráfico 7-3.

Tabla 16-3: Resultados de la biodegradación de la biopelícula en Aire

BIODEGRADACIÓN EN AIRE

| | Día | | Día | | Día | | Día | | Día | | Día | | |
|----|----------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | | | | | | |
| N° | Área (cm ²) | Área (cm ²) | Degradación (%) | Área (cm ²) | Degradación (%) | Área (cm ²) | Degradación (%) | Área (cm ²) | Degradación (%) | Área (cm ²) | Degradación (%) | Área (cm ²) | Degradación (%) |
| T1 | 9,00 | 8,26 | 8,22 | 8,05 | 10,56 | 7,63 | 15,22 | 5,62 | 37,56 | 4,28 | 52,44 | 4,14 | 54,00 |
| T2 | 9,00 | 8,45 | 6,11 | 8,12 | 9,78 | 7,49 | 16,78 | 5,61 | 37,67 | 4,62 | 48,67 | 4,20 | 53,33 |
| T3 | 9,00 | 8,22 | 8,67 | 8,08 | 10,22 | 7,63 | 15,22 | 5,45 | 39,44 | 4,38 | 51,33 | 4,25 | 52,78 |
| T4 | 9,00 | 8,23 | 8,56 | 8,22 | 8,67 | 7,58 | 15,78 | 5,58 | 38,00 | 4,33 | 51,89 | 4,53 | 49,67 |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

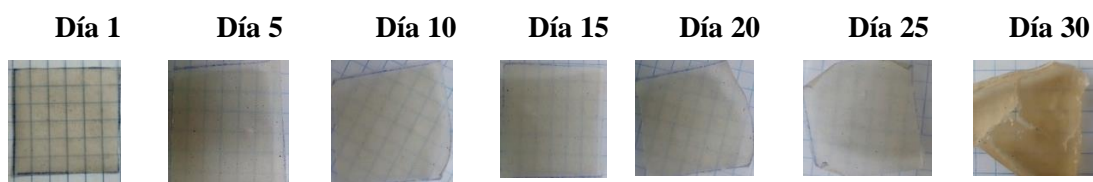


Gráfico 8-3. Resultado de la biodegradación en aire

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

Para la realización de esta prueba fue necesario cortar la biopelícula en cuadrados de 3 cm de largo por 3 cm de ancho, a continuación, se coloca la biopelícula en el recipiente y este se ubicó en un lugar fresco al ambiente y por último este fue inspeccionado cada 5 días por un total de 30 días.

A partir de los 5 días se fue midiendo el área perdida pero no se notó ningún cambio significativo, solo sufrió deshidratación. La degradación máxima de los 4 tratamientos en este tiempo es de 8,67%, los días posteriores se observa que la biopelícula empieza a contraerse y arquearse el día 10, 15, 20 y 25 el porcentaje de degradación va subiendo no tan considerablemente al transcurso de los días, los valores máximos de degradación de los tratamientos fue de 10,56%; 16,78%; 39,44%; 52,44% respectivamente y llegando a una degradación de 54,00% a los 30 días a condiciones aeróbicas, donde la biopelícula se mostró de color café y arqueada. Hipotéticamente se asume que la degradación de las biopelículas fue de menor porcentaje, esto debido a que las fotos de las biopelículas analizadas fueron en 2D y el software “ImageJ” no toma en cuenta que la muestra está arqueada, así que reduce el área de degradación.

En el estudio realizado por (Guamán, 2019, p. 44) se analiza la biodegradación de su biopelícula obtenido tanto como con un almidón comercial como con el almidón extraído, en medio aeróbico y analizándolo por pérdida de peso, obteniendo así a los 5 días una degradación de 0,96 % de la biopelícula obtenida con el almidón extraído en la investigación y a los 30 días el porcentaje de degradación llegó a 92,05% , mientras que con la biopelícula realizada con almidón comercial a los 5 y 30 días, el valor de degradación es de 1,07% y 90,77%, estos valores están muy por encima de los valores obtenidos en esta investigación, (López et al., 2010, p. 24) propone límites referenciales de biodegradación para la biopelícula, estos fueron de 33,2% a 40,4% por lo que la biopelícula obtenida de la papa superchola y pericarpio de maracuyá no cumplen este límite referencial.

Tabla 17-3: Resultados de la biodegradación de la biopelícula en Suelo

BIODEGRADACIÓN EN SUELO

| | Día | | Día | | Día | | Día | | Día | | Día | | |
|----|----------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | | | | | | |
| N° | Área (cm ²) | Área (cm ²) | Degradación (%) | Área (cm ²) | Degradación (%) | Área (cm ²) | Degradación (%) | Área (cm ²) | Degradación (%) | Área (cm ²) | Degradación (%) | Área (cm ²) | Degradación (%) |
| T1 | 9,00 | 8,44 | 6,22 | 4,10 | 54,44 | 2,62 | 70,89 | 1,46 | 83,78 | 1,09 | 87,89 | 0,75 | 91,67 |
| T2 | 9,00 | 8,30 | 7,78 | 4,70 | 47,78 | 2,74 | 69,56 | 1,73 | 80,78 | 1,18 | 86,89 | 0,74 | 91,78 |
| T3 | 9,00 | 8,03 | 10,78 | 4,20 | 53,33 | 2,47 | 72,56 | 1,33 | 85,22 | 1,33 | 85,22 | 0,71 | 92,11 |
| T4 | 9,00 | 8,41 | 6,56 | 4,81 | 46,56 | 2,56 | 71,56 | 1,68 | 81,33 | 1,22 | 86,44 | 0,80 | 91,11 |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

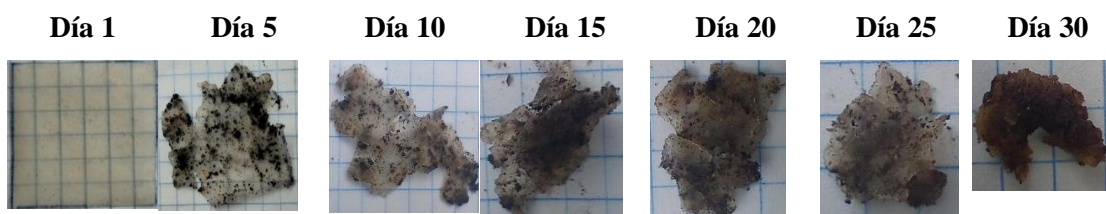


Gráfico 9-3. Resultado de la biodegradación suelo

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

Para la realización de esta prueba fue necesario cortar la biopelícula en cuadrados de 3 cm de largo por 3 cm de ancho, a continuación, se coloca la biopelícula en el recipiente plástico que contiene tierra, una vez ahí es cubierta por otros 5 cm de tierra y el recipiente se ubicó en un lugar fresco al ambiente y por último este fue inspeccionado cada 5 días por un total de 30 días.

Se recolectó datos al ir analizando las muestras de la biopelícula, el día 5 se observó que las muestras se habían reducido, la tierra se adhirió a la biopelícula por lo que se dificultó limpiar la película para medir el área, el valor obtenido en este tiempo fue de 10,78% como el máximo valor y 6,22 % como el valor más bajo. Así mismo (Guamán, 2019, p. 43) realizó pruebas de biodegradabilidad en medio anaerobio, donde a los 5 días el valor de degradación fue de 21,23%, este valor fue mucho mayor que el obtenido en esta investigación. Para los siguientes días las láminas de las biopelículas sufrió mayor degradación en un momento fue estable la degradación, ya que la biopelícula absorbió el agua de sus alrededores y después comenzó a secarse, los valores máximos obtenidos en los días 10, 15, 20, 25 y 30 fueron: 54,44%; 72,56%; 85,22% y 92,11% , al comparar con los valores obtenidos por (Guamán, 2019, p. 43) que a los días 10,15,20,25 y 30 fueron: 62,99; 71,07%; 86,91%; 94,87% Y 97,71%, se determinó que los valores están muy próximos.

3.1.6.8. Aplicación de la biopelícula en un alimento

Tabla 18-3: Análisis sensorial de la papaya envuelta en la biopelícula obtenida

| Análisis sensorial de la Papaya | | | | | |
|---------------------------------|-----------|-------------------|-----------|--------|-----------------------|
| Tipo de estudio | | Textura | Sabor | Olor | Aspecto |
| Papaya ambiente | al | Lisa-rugosa | Agridulce | Rancio | Deshidratado – blando |
| Papaya envuelta | | Medianamente lisa | Dulce | Dulce | Blando – firme |

Realizado por: Guamán, Efrén, 2021.

La biopelícula obtenida fue aplicada a un producto alimenticio como envoltura, que en este caso fue la papaya a la que se envolvió hasta que quede bien sellada que con la ayuda de ligas elásticas evitaron que se desenvuelva, mientras a la otra papaya se la mantuvo sin recubrimiento, las dos frutas se ubicaron en el mismo lugar y a las mismas condiciones, al cabo de 10 días se realizó un análisis sensorial donde se pudo determinar que la biopelícula obtenida si ayuda de manera formidable a la preservación de las características de la fruta, pero aun así la fruta envuelta fue blanda en algunas áreas y firme en otras, tuvo un olor y sabor dulce y su textura fue medianamente lisa, frente a la papaya que no fue envuelta, tuvo un aspecto deshidratado y blando por algunas áreas, su olor fue rancio, sabor agridulce y su textura fue rugosa casi toda la fruta, en el ANEXO M se puede verificar a la fruta con envoltura y sin envoltura.

3.2. Pruebas de hipótesis

3.2.1. Determinación de la eficacia de la biopelícula obtenida a partir del almidón de la papa superchola y pericarpio de maracuyá

H1: A partir del almidón de la papa superchola y pericarpio de maracuyá como materia prima con la formulación adecuada se obtiene una biopelícula que es eficaz para el recubrimiento del alimento.

El almidón de papa superchola (*Solanum tuberosum L.*) se extrajo por el método húmedo y el almidón del pericarpio de maracuyá (*Passiflora edulis*) se obtuvo por el método seco, por medio de la varianza ANOVA la obtención del almidón de papa superchola se lo puede realizar con cualquiera de los tratamientos, mientras que para la obtención del almidón del pericarpio de maracuyá no se aplicó ningún tratamiento puesto que fue por el método seco, hubo mayor cantidad de amilosa en el almidón de papa superchola que en el almidón de pericarpio de maracuyá y esta fue clave para la formulación adecuada, por lo que la biopelícula más adecuada fue con el tratamiento que se añadió más almidón de papa superchola. Y a partir del análisis sensorial aplicado a la papaya con el recubrimiento con la biopelícula se determinó que este hizo que la fruta conservara sus características eficazmente.

Se acepta la hipótesis general planteada para la formulación de las biopelículas obtenidas a base de almidón de papa superchola (*Solanum tuberosum L.*) y pericarpio de maracuyá (*Passiflora edulis*).

3.2.2. Evaluación de los métodos de obtención de almidón de la papa superchola y pericarpio de maracuyá

H2: Con el método de extracción húmedo para la papa superchola y método seco para el pericarpio de maracuyá será posible obtener sus almidones

Para la extracción de los almidones se optó por el método húmedo para la papa superchola, siguiendo la metodología de (Guamán, 2019, p. 18), obteniendo así un rendimiento de 11,91 %, mientras que para obtener el almidón del pericarpio de maracuyá se optó por el método seco, puesto que no se puede realizar por el método húmedo ya que el pericarpio del maracuyá presenta azúcar en su estructura y al realizar el triturado en licuadora con adición de agua, el azúcar presente en la solución se reduce provocando que se fermente e impide la sedimentación del almidón, por el método seco se obtuvo un rendimiento del 12,38 %. Mediante este análisis experimental obtenido se acepta esta hipótesis específica.

3.2.3. Evaluación de realizar análisis químico proximal a los almidones obtenidos

H3: El porcentaje de almidón de la papa superchola influirá mucho más en la biopelícula que el almidón del pericarpio de maracuyá por su contenido de amilosa, debido a que esta molécula favorece a la retrogradación

El análisis químico proximal de los almidones fue clave para una formulación ideal, en específico el contenido de amilosa (polímero lineal) y amilopectina (polímero ramificado), para la papa superchola el contenido de amilosa y amilopectina es: 19,90 y 80,03 respectivamente, estos valores tienen semejanzas a los datos obtenidos por (Guamán, 2019, p. 46), mientras que para el almidón del pericarpio de maracuyá tiene valores de 4,47 % de amilosa y 95,27 % de amilopectina, determinando así que la papa superchola tiene mayor contenido de amilosa que el pericarpio de maracuyá, entre mayor sea el porcentaje de amilopectina mayor será la concentración de plastificante o glicerina a adicionar, mayor agitación y su temperatura (Holguin, 2019, p. 56) mientras que la amilosa forma enlaces de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de polímeros adyacentes y como resultado presenta menos afinidad por el agua lo que favorece la formación de pastas opacas y películas resistentes además la amilosa facilita la recristalización del gránulo de almidón es decir sucede el proceso de retrogradación, por lo que para la obtención de la biopelícula ideal se adiciona en mayor proporción almidón de papa superchola que de pericarpio de maracuyá.

Por lo que se acepta esta hipótesis, ya que, el % de amilosa si influyen en la formulación de la biopelícula

3.2.4. Determinación de diferencias entre las biopelículas obtenidas

H4: Mediante experimentación, con formulaciones adecuadas de almidón de papa superchola y maracuyá y aditivos, se podrán verificar la variación de flexibilidad y dureza para determinar las diferencias entre las biopelículas obtenidas

La formulación adecuada para la obtención de la biopelícula a base de almidón de papa superchola y pericarpio de maracuyá se hizo con la ayuda del análisis químico proximal, con esto se pudo determinar el contenido de amilosa que es de mayor interés esto en los dos almidones, donde la amilosa se presentó en mayor proporción en el almidón de papa superchola con un 19,90 % a un 4,47% en el pericarpio de maracuyá, por lo que para las formulaciones se tomó en cuenta que el almidón de papa superchola debía ser en mayor proporción y conjuntamente con la adición del plastificante se obtuvo los 4 tratamientos de biopelículas, finalmente se realizó los análisis físico – mecánicos con lo que se pudo determinar las diferencias entre las diferentes biopelículas con respecto a la flexibilidad y dureza, donde el TP2 presenta las mejores cualidades del resto de tratamientos.

Por lo que se acepta esta hipótesis, ya que se puede diferenciar entre las biopelículas obtenidas mediante experimentación.

3.2.5. Determinación de eficacia de la biopelícula aplicada a un alimento

H5: La biopelícula obtenida a partir del almidón de papa superchola y pericarpio de maracuyá al recubrir sobre el alimento conserva sus características organolépticas

Se pudo determinar la eficacia de la biopelícula a partir de dos experimentos con dos papayas, P1 y P2 , a la P1 se aplicó la biopelícula como envoltura, mientras que a la P2 no se usó recubrimiento, esto por un lapso de una semana y media (10 días), en el mismo lugar y con las mismas condiciones, los mismo que al realizar los análisis sensoriales presentaron algunas diferencias significativas, con respecto a la papaya que no estaba cubierta por la biopelícula (P2) su textura había cambiado, se puso rugosa casi en su totalidad, su sabor fue agrídulce e insípida, tuvo un olor rancio además tenía un aspecto de deshidratación y en algunas áreas fue blandas, con esto se comprobaba de que la fruta empezaba a descomponerse cuando estaba sin ningún recubrimiento.

A comparación de la papaya que estaba cubierta (P1) por la biopelícula esta pudo conservar las propiedades y características de su estado original; su textura fue lisa en casi toda la fruta y rugosa en ciertos puntos, tanto su sabor como olor fueron dulces y un aspecto firme y consistente y en pocas partes blando. Es así como esta hipótesis es aceptada, ya que la biopelícula obtenida y aplicada sobre un alimento conserva sus características organolépticas.

CONCLUSIONES

- Se extrajo el almidón de la papa superchola (*Solanum tuberosum L.*) y del pericarpio de maracuyá (*Passiflora edulis*) y a partir de una buena formulación de estos almidones, con la adición de agua, aditivos y plastificante (TB3) finalmente se obtuvo una biopelícula resistente, flexible y biodegradable que se aplicó al embalaje de un alimento mostrando eficiencia y seguridad para conservar las características y organolépticas del alimento.
- Se obtuvo el almidón de papa superchola (*Solanum tuberosum L.*) a partir del método húmedo, que por bibliografía muestra tener mayor rendimiento de obtención del almidón que por el método seco, estadísticamente, el tratamiento con mayor rendimiento fue el T4 con un valor de 12,64%, además con este tratamiento es posible optimizar la materia prima y los recursos. El promedio de rendimiento de la obtención del almidón de los 4 tratamientos de la papa superchola fue de 11,91%, mientras que para la obtención del almidón del pericarpio de maracuyá (*Passiflora edulis*) que se obtuvo por método seco y se realizó 2 tratamientos, el T1 con un rendimiento de 12,37% y el T2 mínimo de 11,61%, en promedio el rendimiento fue de 11,99%, es importante resaltar que fue improbable obtener el almidón por el método húmedo puesto que el pericarpio del maracuyá en su estructura exterior cuenta con azúcares y en medio acuoso éste tiende a fermentarse. Indistintamente para todos los tratamientos el secado fue a temperatura ambiente y el tamizado se lo realizó hasta el tamiz de 110 μm para la papa superchola y hasta el tamiz de 53 μm para el almidón del pericarpio de maracuyá esto se lo realizó para presenten mayor homogeneidad fina que es lo que se necesitó para una buena formulación de la biopelícula.
- Se caracterizó el almidón obtenido de los dos productos agrícolas a partir de análisis físico químico, proximal y microbiológico así obteniendo los siguientes resultados: para el almidón de pericarpio de maracuyá (*Passiflora edulis*) una humedad de 8,81 % , ceniza: 4,44% , solubilidad: 11,57%; pH: 5,94; fibra: 0,11 % ; proteína: 0,41%; densidad: 2,14 g/mL; viscosidad dinámica: 42421 mPa.s; temperatura de gelatinización: 72°C, los carbohidratos totales corresponden al 93,69%, amilosa y amilopectina de 4,47% y 95,27% respectivamente y los análisis microbiológicos normales. El almidón de la papa superchola (*Solanum tuberosum L.*) después de realizar los análisis establecidos se obtuvo : una humedad del 12,37%; cenizas 0,52%; solubilidad 0,46%; pH 6,65; fibra 0,43%; proteína 1,45%; una densidad de 4,44 g/mL, viscosidad de 5431,8 mPa.s; temperatura de gelatinización 62,5 °C, carbohidratos totales 77,10 % , contenido de amilosa y amilopectina 19,90 y 80,03 respectivamente, 258 UPC/g para Mohos y levaduras y los análisis microbiológicos normales, todos estos valores dentro del rango estándar. Varios autores destacan que el porcentaje de amilopectina y amilosa es una característica importante de tomar en cuenta, ya

que la amilosa es la encargada de absorber agua e hincharse de forma irreversible en agua caliente así formando pastas y obteniendo la película, esta característica es esencial en la temperatura de gelatinización y juegan un papel importante dentro de las formulaciones y la caracterización de la biopelícula

- Se pudo formular la biopelícula por medio de un análisis factorial 2^2 acogiendo los tratamientos de obtención de los dos almidones que después de realizar el análisis de varianza predijo que todos los tratamientos son aceptados y no hay diferencia significativa entre ellos. También se lo realizó para los tratamiento de obtención de la biopelícula planteando como variables independientes: al contenido de almidón de pericarpio de maracuyá y el contenido de glicerina, así determinando estadísticamente con la varianza que no existía diferencia entre los 4 tratamientos, por lo que se designó por sus características el tratamiento de la biopelícula TB2 que presentaba mayor eficiencia ante las pruebas físico – mecánicas, el TB2 tiene una formulación de 1,5 g de almidón de papa superchola, 1 g de almidón de pericarpio de maracuyá, 1,5 mL de glicerina, 30 mL de agua y 4 mL de ácido acético. Además esta formulación presenta mayor módulo de tensión y flexión que el resto de tratamientos, con 1,51 Mpa y 22,90 Mpa respectivamente, estos valores fueron comparados con los valores físico mecánicos de un plástico común, mostrando que la biopelícula obtenida está por debajo de los lineamientos del plástico convencional como el PET que presenta una resistencia a la tensión de 48,26 Mpa y 2757,90 Mpa de elasticidad, el PE-LD presenta 8,27 a 31,71 Mpa de resistencia a la tensión y 206,84 Mpa de elasticidad, finalmente presenta las siguientes valores de biodegradación: en medio acuoso un valor máximo de 97,33 %, en medio aerobio una degradación máxima de 52,78 % y en medio anaerobio un valor máximo de 92,11 % .
- Se determinó la eficacia de la biopelícula al aplicarlo como embalaje a una papaya P1 que estaba fijada a su alrededor de tal forma que impedía el paso de aire y humedad hacia el interior, se comparó con otra papaya P2 que no contaba con cubierta, al lapso de una semana y media (10 días) la fruta que no estaba cubierta P2 sufrió cambios físicos y organolépticos considerables como por ejemplo: su estructura fue más rugosa, su sabor insípido, su sabor agridulce y blanda en áreas grandes, mientras que la que estaba cubierta por la biopelícula P1; presentaba buena apariencia, buen sabor, un olor agradable, firme y estable, demostrando así que la biopelícula obtenida es eficaz para embalaje de alimentos porque conserva las propiedades organolépticas de los alimentos.

RECOMENDACIONES

- Para la obtención del almidón del maracuyá se recomienda picar las porciones del pericarpio para el secado lo más pequeño posible, para que el producto se seque con mayor rapidez y homogeneidad.
- Se recomienda que una vez extraído el almidón este sea acondicionado de forma hermética y seguro para evitar que el producto se contamine o absorba humedad.
- Para la elaboración de las biopelículas se recomienda no sobrepasar la temperatura de gelatinización del almidón ya que una vez que la temperatura sobrepasa este límite toda la solución de la muestra se daña, generando un gasto adicional.
- Es recomendable que para las futuras investigaciones con relación a la obtención de biopelículas o bioplástico a partir del uso de almidones extraídos de productos agrícolas u otras materias primas, explore con añadir nuevos plastificantes y aditivos acordes al almidón, para que el producto final adquiera mejores características tanto químicas como físico mecánicas.

BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN, I., "La ley que regula el uso de plásticos en el Ecuador ya está en el Registro Oficial". *El comercio*, 2020, Ecuador

ALDANA, A.S. y SANDOVAL, E.R., "Aplicación del análisis por calorimetría diferencial de barrido (DSC) para la caracterización de las modificaciones del almidón". *DYNA*, [en línea], 2005, vol. 72, no. 146, pp. 45-53. ISSN 0012-7353.

ALFONSO, J. *Guía para La Producción de Maracuyá* [en línea]. Fundación Hondureña de investigación agrícola.. Honduras, 2006 [Consulta: 20 octubre 2021]. Disponible en: <http://santic.rds.hn/wp-content/uploads/2013/06/Guia-la-produccion-de-Maracuya.pdf>.

ANDERSON, R.A., CONWAY, H.F. y PEPLINSKI, A.J. "Gelatinization of Corn Grits by Roll Cooking, Extrusion Cooking and Steaming". *Starch - Stärke* [en línea], 1970, vol. 22, no. 4, pp. 130-135. ISSN 1521379X. DOI 10.1002/star.19700220408.

ANDRADE, H. "Variedades de papa cultivadas en el Ecuador" [en línea]. 1998, Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Raíces y Tubérculos-Papa. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3333>

CARMEN, C. y MONTEROS, C. "Las papas nativas en el Ecuador" [en línea]. 2005, Ecuador. Proyecto Papa Andina; Estudios Cualitativos sobre oferta y demanda., vol. 1, pp. 26. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3327>.

CHARIGUAMÁN, J. Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis* spp.) (Trabajo de titulación). [en línea]. Zamorano: Escuela Agrícola Panamerican. 2015. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/4560>

CHARRO, M. Obtención De Plástico Biodegradable A Partir De Almidón De Patata (Trabajo de titulación) [en línea] UCE, (Quito - Ecuador). 2015. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3788>

CHÁVEZ, C. Desarrollo de mermelada de pulpa y cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* flavicarpa), endulzada con stevia (*Stevia rebaudiana*) (Trabajo de titulación) [en línea], Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. 2018. Disponible en:

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/10199>

CHULDE, M. "Elaboración de una película plástica biodegradable a partir de almidón extraído de residuos de dos diferentes variedades de papas industrializadas" [en línea]. *El Universo*, (2020) (Ecuador).

ESCOBAR, D., SALA, A., CARLOS, S. y HARSIPE.RODRIGO, "Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo : estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador". INNOTEC [en línea], 2009, (Uruguay). [Consulta: 11 Agosto 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.26461/04.07>

ESCRIBANO, V."Desarrollo Y Caracterización De Un Bioplastico A Partir De Cáscara De Maracuyá (*Passiflora edulis*)". USS [en línea], 2020 (Perú). [Consulta: 22 Agosto 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/7450>.

FERRÉ, J., ROVIRA, U. y TARRAGONA, V. *El Diseño Factorial Completo 2 K* [blog]. Tarragona: Universidad Rovira i Virgili, 2015. [Consulta: 17 Agosto 2021]. Disponible en: <http://www.quimica.urv.es/quimio/general/doecast.pdf>

GARCIA, M. *Guía Técnica Cultivo De Maracuyá Amarillo*. [en línea]. La Libertad - El Salvador: CENTA, 2002. [Consulta: 16 Agosto 2021]. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1908160/Guía_técnica_del_maracuya.pdf.pdf.

GUADRÓN DE DELGADO, E. Diseño y desarrollo del proceso para la extracción de almidón a partir de guineo majoncho verde (*Musa sp.* Variedad Cuadrado), para su uso en la industria de alimentos (Trabajo de Titulación) (Doctorado en Ingenierías). Universidad de El Salvador. El Salvador. 2013.

GUAMÁN, J. Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial (Trabajo de titulación). ESPOCH, Facultad de ciencias, Escuela Ingeniería Química. Riobamba - Ecuador. 2019 pp. 1-54.

HOLGUIN, S. Obtención De Un Bioplástico A Partir De Almidón De Papa (Trabajo de Titulación). Fundacion Universidad de América, Bogota-Colombia. 2019.

ICAAGROINDUSTRIAL, *Alternativas subproductos del maracuyá* [blog]. 2020. [Consulta: 11 Agosto 2021]. Disponible en: <https://issuu.com/citeagroindustrialica/docs/bo-18->

012_alternativas_subproductos_del_maracuy_

INEN-2542, *Laminas Plásticas. Requisitos.*

INTRIAGO, J. Estudio comparativo del rendimiento en la producción de bioetanol a partir del material lignocelulósico del Banano (*Musa paradisiaca* L) y el Maracuyá (*Passiflora edulis*) (Trabajo de titulación) [En línea]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. 2020. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/15503>

KAEWATIP, K. y THONGMEE, J. "Studies on the structure and properties of thermoplastic starch/luffa fiber composites". *Materials and Design* [en línea], 2012, vol. 40, pp. 314-318. ISSN 02641275. DOI 10.1016/j.matdes.2012.03.053.

KONLINE. *Bioplásticos: ¿una alternativa con futuro?* [blog], 2011. [Consulta: 10 Agosto 2021]. Disponible en: <https://thefoodtech.com/historico/bioplasticos-una-alternativa-con-futuro/>

LÓPEZ, Á., RIVAS, J., LOAIZA, M. y SABINO, M. "Degradación de películas plastificadas de quitosano obtenidas a partir de conchas de Camarón (*L.vannamei*)" (Trabajo de titulación) [En línea]. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 2010. vol. 25, no. 2, pp. 133-143. ISSN 07984065.

LÓPEZ, J. Fruto y Semilla (Trabajo de Titulación) [en línea]. USS. 2015. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3236/323629266003.pdf>.

LUNA, S. Obtención De Balanceado a Partir De Los Desechos Del Maracuyá (*Passiflora Edulis* Variable Flavicarpa) Para Ganado Vacuno (Trabajo de Titulación) [en línea]. Universidad Central del Ecuador, Escuela de Ingeniería Química. Quito Ecuador. pp. 11-15.

MAGAP, *MAGAP produce semilla certificada de papa súperchola – Ministerio de Agricultura y Ganadería* [blog]. Quito-Ecuador, 2018. [Consulta: 3 Agosto 2021] Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/magap-produce-semilla-certificada-de-papa-superchola/>.

MARTÍN, G., SOBERÓN, E., EVANS, I.M., SALCEDO, L., SONIA, I.M., ZEGARRA, S., JOSÉ, I.M., LECAROS, M. Valorización De La Cáscara De Maracuyá (*Passiflora Edulis* F. Flavicarpa Deg.) Como Sub Producto Para Obtener Pectina Usando Como Agente Hidrolizante Ácido Cítrico (Trabajo de Titulación) [en línea]. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. México. 2013. [Consulta: 4 Agosto 2021]. Disponible en: <http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/491>

MEDINA, P. y LOPEZ, A. "ANÁLISIS CRÍTICO DEL DISEÑO FACTORIAL 2k SOBRE CASOS APLICADOS". *Scientia et technica* [en línea], 2011. vol. 1, no. 47, pp. 101-106. [Consulta: 20 Julio 2021]. ISSN 2344-7214. DOI 10.22517/23447214.523.

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) [en línea]. 2016, UNMSM. [Consulta: 1 Julio 2021]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Elaboraci%C3%B3n-de-biopl%C3%A1sticos-a-partir-de-almid%C3%B3n-de-Ramos-Nathal%C3%AD/3d9456a2ac4f74bb92694a1ed0b3c988b5914014>

ORTIZ, M. Evaluación de un bioplástico de almidón de semillas de mango (*mangifera indica*) con aplicación potencial en envases (Trabajo de titulación). Universidad del Bosque [en línea], 2019, Colombia. [Consulta: 2 Julio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/2106>.

PALACIOS, T., LASCANO, R., ÁLVAREZ, J. y BRITO, H. IMPACT OF PRODUCTION PROCEDURES IN THE MANUFACTURE OF SUPERCHOLA POTATO STARCH (*Solanum tuberosum* L). (Trabajo de titulación) [en línea]. 2015. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/349424734_IMPACT_OF_PRODUCTION_PROCEDURES_IN_THE_MANUFACTURE_OF_SUPERCHOLA_POTATO_STARCH_Solanum_tuberosum_L.

PASPUEL, A., RUANO, J. y OSORIO, L. Caracterización de un bioplástico de almidones de maíz y yuca con antocianinas de repollo morado (*Brassica oleracea*) como potencial indicador de pH (Trabajo de Titulación) [en línea]. 2016. Zamorano.Edu, pp. 1-34. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu:80/jspui/handle/11036/5838>.

PIZÁ, H., ROLANDO, S., RAMIREZ, C., VILLANUEVA, S. y ZAPATA, A. Análisis Experimental De La Elaboración De Bioplástico a Partir De La Cáscara De Plátano Para El Diseño de Una Línea De Producción Alterna Para Las Chifleras De Piura (Trabajo de titulación). Piura-Perú. 2017. pp. 60-106.

PUMISACHO, M. y SHERWOOD, S. *El Cultivo De La Papa En Ecuador* [en línea]. 2002. Ecuador. INIAP-CIP, 2002. [Consulta: 2 Julio 2021]. Disponible en: <https://cipotato.org/wpcontent/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood>

%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf

REACTIVOS QUÍMICA MEYER, Agua Destilada [blog]. EcuRed, 2015. pp. 1. [Consulta: 2 Julio 2021]. Disponible en: http://www.ecured.cu/index.php/Agua_destilada.

RENTERÍA, J. Procesamiento De Frutas De Maracuyá (*Passiflora Edulis*) Para Obtención De Pectina (Trabajo de titulación). [en línea] Universidad Técnica de Machala. 2014. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/1045>

RIO, F. y OCHOA, J. "BIOPLÁSTICOS". Observatorio Industrial del Sector Químico [en línea], 2006. [Consulta: 1 Julio 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/257652567_BIOPLASTICOS

ROMAN, M. y HURTADO, G. *Guía Técnica Cultivo De La Papa* [Texto]. La Libertad-El Salvador: CENTA. 2002. [Consulta: 1 Julio 2021]. Disponible en: <http://istphuancane.pe.tripod.com/docs/agrop/papa.pdf>

SOTO, R. y YANTAS, P. Evaluación De La Calidad Del Almidón Obtenido De Tres Variedades De Papa (*Solanum Tuberosum*) Cultivadas En La Provincia De Jauja (Trabajo de titulación) [en línea] Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Facultad De Ciencias Aplicadas, Escuela Académico Profesional De Ingeniería Agroindustrial. Perú. 2012. [Consulta: 8 Julio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1965>

TAPIA-TOAPANTA, W.D. Evaluación De Tres Programas De Fertilización Foliar Complementaria Luego Del Transplante En El Cultivo De Maracuyá (*Passiflora edulis*) Var. Flavicarpa (Trabajo de titulación) [en línea]. Universidad central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito-Ecuador. 2013. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1022>

TARAMUEL, X. Evaluación del Peso Del Tubérculo y Densidad de Siembra En La Producción de Semilla Registrada De Papa (*Solanum Tuberosum* L.) Variedad "Superchola" En La Granja Yuyucocha, Ibarra (Trabajo de titulación) [en línea]. UTN.Ibarra-Ecuador. 2017. [Consulta: 5 Julio 2021] Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7447/2/ARTICULO.pdf>

UNAM, *Polisacáridos* [blog]. Mexico, 2012. [Consulta: 22 Julio 2021]. Disponible en: <https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/quimica2/unidad2/carbohidratos/polisacaridos>

VALAREZO, A., VALAREZO, O., MENDOZA, A., ÁLVAREZ, H. y VÁSQUEZ, W., 2014. *El cultivo de Maracuyá: Manual técnico para su manejo en el Litoral Ecuatoriano* [texto]. Ecuador. 2014. [Consulta: 10 Julio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1159>

VARGAS, G., MARTÍNEZ, P. y VELEZMORO, C. "Functional properties of potato (*Solanum tuberosum*) starch and its chemical modification by acetylation". *Scientia Agropecuaria* [en línea], 2016. vol. 7, pp. 223-230. [Consulta: 10 Julio 2021]. ISSN 20779917. DOI 10.17268/sci.agropecu.2016.03.09.

VAZQUEZ, A., VELASCO, M. y ESPINOSA, R. "Bioplásticos y plásticos degradables". [en línea], 2015. [Consulta: 10 Agosto 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303045045_Bioplasticos_y_plasticos_degradables




VILLARROEL HEISE, P., GÓMEZ, C., VERA, C. y TORRES, J. "Resistant starch: Technological characteristics and physiological interests". *Sociedad Chilena de Nutricion Bromatologia y Toxicologica* [en línea]. 2018, (Chile). [Consulta: 4 Agosto 2021]. DOI 10.4067/s0717-75182018000400271. Disponible en: <https://repositorio.uautonoma.cl/handle/20.500.12728/6579>

WANG, L., DONG, Y., MEN, H., TONG, J. y ZHOU, J. "Preparation and characterization of active films based on chitosan incorporated tea polyphenols". *Food Hydrocolloids* [en línea], vol. 32, no. 1, pp. 35-41. ISSN 0268005X. DOI 10.1016/j.foodhyd.2012.11.034.


ZEAPLAST. *Plásticos biodegradables: tipos de bioplasticos* [blog]. 2012. [Consulta: 1 Agosto 2021]. Disponible en: <http://www.zeaplast.cl/>

ANEXOS

ANEXO A: RECEPCIÓN Y LAVADO DE PAPA SUPERCHOLA Y PERICARPIO DE MARACUYÁ

| | | | | | |
|---|---|---|---|----------------------------------|---------------------|
| <p>a.</p>  | <p>b.</p>  | <p>c.</p>  | | | |
| <p>NOTAS</p> | <p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p> | <p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> | <p>EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA Y DEL PERICARPIO DE MARACUYÁ</p> | | |
| <p>a. Limpieza del Maracuyá b. Limpieza de la papa superchola c. Troceado de Maracuyá</p> | <p>➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar</p> | <p>Elaborado por: Efrén Wladimir Guamán Guamán</p> | <p>LÁMINA</p> | <p>ESCAL A</p> | <p>FECHA</p> |
| | | | <p>1</p> | <p>1:1</p> | <p>2021/03/19</p> |

ANEXO B: EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA (*Solanum tuberosum* L.)

| | | | | | |
|--|--|---|--|----------------------|---------------------|
| <p>a.</p>  | <p>b.</p>  | <p>c.</p>  | | | |
| <p>NOTAS</p> | <p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p> | <p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>Elaborado por: Efrén Wladimir Guamán Guamán</p> | <p>EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA</p> | | |
| <p>a. Troceado de la papa superchola</p> <p>b. Pesado de papa superchola para el tratamiento 1</p> | <p>➤ Aprobado</p> <p>➤ Certificado</p> | | <p>LÁMINA</p> | <p>ESCALA</p> | <p>FECHA</p> |
| <p>c. Filtrado de papa superchola después de triturar</p> | <p>➤ Por aprobar</p> <p>➤ Por calificar</p> <p>➤ Por verificar</p> | | <p>1</p> | <p>1:1</p> | <p>2021/03/19</p> |

ANEXO C: EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA Y PERICARPIO DE MARACUYÁ

| | | | |
|---|--|--|--------------|
| a. | b. | c. | |
|  |  |  | |
| NOTAS | CATEGORIA DEL DIAGRAMA | ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA | |
| a. Desecho de papa superchola | ➤ Aprobado | Elaborado por: Efrén Wladimir Guamán Guamán | |
| b. Decantación de almidón de papa superchola | ➤ Certificado | | |
| | ➤ Por aprobar | | |
| c. Secado de almidón de papa superchola | ➤ Por calificar | | |
| | ➤ Por verificar | | |
| EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA Y DEL PERICARPIO DE MARACUYÁ | | | |
| | LÁMINA | ESCALA | FECHA |
| | 1 | 1:1 | 2021/03/19 |

ANEXO D: EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE PERICARPIO DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*)

| | | | | | |
|---|--|---|---|--|---------------------------------------|
| <p style="text-align: center;">a.</p>  | <p style="text-align: center;">b.</p>  | <p style="text-align: center;">c.</p>  | | | |
| <p>NOTAS</p> | <p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p> | <p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>Elaborado por: Efrén Wladimir Guamán Guamán</p> | <p>EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA Y DEL PERICARPIO DE MARACUYÁ</p> | | |
| <p>a. Secado de pericarpio de maracuyá en laboratorio</p> <p>b. Secado de pericarpio de maracuyá a temperatura ambiente</p> <p>c. c. Tamización de almidón de papa superchola</p> | <p>➤ Aprobado</p> <p>➤ Certificado</p> <p>➤ Por aprobar</p> <p>➤ Por calificar</p> <p>➤ Por verificar</p> | | <p>LÁMINA</p> <p>1</p> | <p>ESCALA</p> <p>1:1</p> | <p>FECHA</p> <p>2021/03/19</p> |

ANEXO E: ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA Y PERICARPIO DE MARACUYÁ

| | | | | | |
|--|---|--|--|---------------|--------------|
| a. | b. | c. | | | |
| NOTAS | CATEGORIA DEL DIAGRAMA | ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA | EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA Y DEL PERICARPIO DE MARACUYÁ | | |
| a. Pericarpio de maracuyá triturada | ➤ Aprobado | Elaborado por: Efrén Wladimir Guamán Guamán | LÁMINA | ESCALA | FECHA |
| b. Almidón de maracuyá obtenido | ➤ Certificado | | 1 | 1:1 | 2021/03/19 |
| c. Almidón de papa superchola obtenido | ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar | | | | |

ANEXO F: CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN OBTENIDO

| NOTAS | CATEGORIA DEL DIAGRAMA | ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Elaborado por: Efrén Wladimir Guamán Guamán | CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA Y DEL PERICARPIO DE MARACUYÁ | | |
|---|--|---|--|------------|-------|
| a. Determinación de temperatura de gelatinización del almidon de papa superchola. | ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar | | LÁMINA | ESCALA | FECHA |
| b. Determinación de pH | ➤ Por calificar | 1 | 1:1 | 2021/03/19 | |
| c. Determinación de ceniza 1 | ➤ Por verificar | | | | |

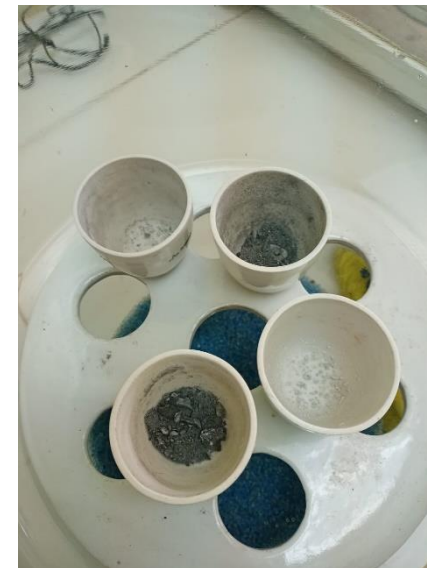
a.



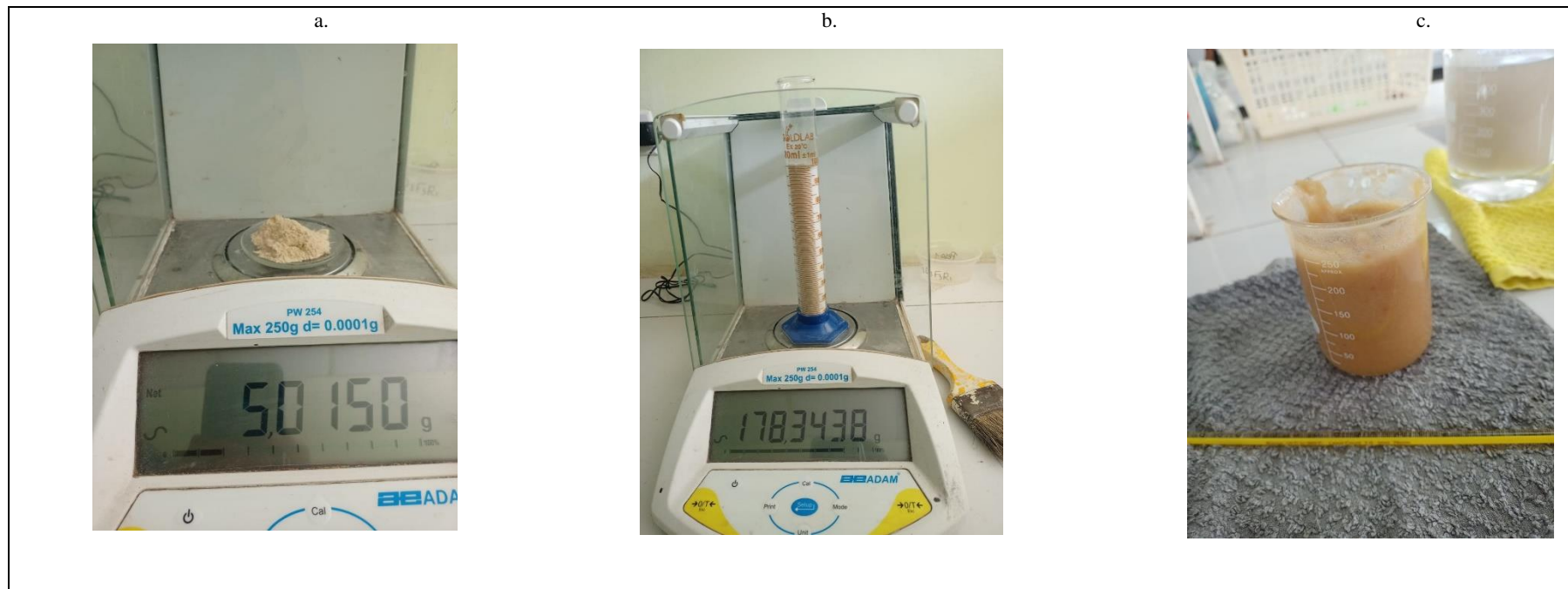
b.



c.

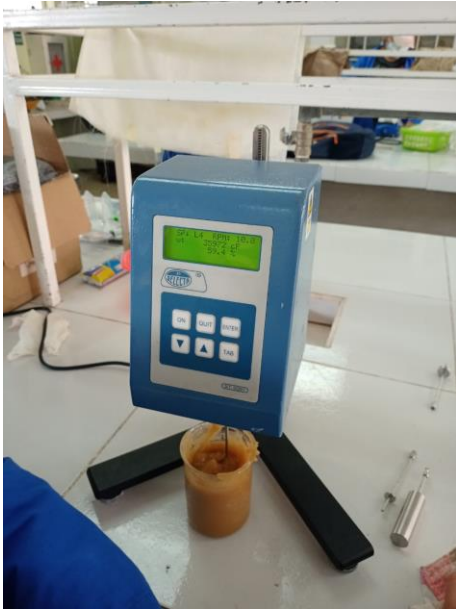



ANEXO G: CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN OBTENIDO






| NOTAS | CATEGORIA DEL DIAGRAMA | ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA | CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA Y DEL PERICARPIO DE MARACUYÁ | | |
|--|------------------------|---|--|--------|------------|
| a. Pesado de muestra almidón de Maracuyá | ➤ Aprobado | Elaborado por: Efrén Wladimir Guamán Guamán | LÁMINA | ESCALA | FECHA |
| b. Determinación de densidad de almidón | ➤ Por aprobar | | 1 | 1:1 | 2021/03/19 |
| c. Temperatura de gelatinización del almidón de pericarpio de maracuyá | ➤ Por verificar | | | | |

ANEXO H: CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA (*Solanum tuberosum* L.) Y PERICARPIO DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*)

| | | | | | |
|--|-------------------------------|--|---|---------------|--------------|
| a. | | b. | | | |
|  | |  | | | |
| NOTAS | CATEGORIA DEL DIAGRAMA | ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Elaborado por: Efrén Wladimir Guamán Guamán | CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA Y DEL PERICARPIO DE MARACUYÁ | | |
| a. Determinación de viscosidad | ➤ Aprobado | | LÁMINA | ESCALA | FECHA |
| b. Determinación de solubilidad | ➤ Certificado | | | | |
| | ➤ Por aprobar | 1 | 1:1 | 2021/03/19 | |
| | ➤ Por calificar | | | | |
| | ➤ Por verificar | | | | |

ANEXO I: OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA Y PERICARPIO DE MARACUYÁ




| | | | | | |
|--|---|---|---|----------------------|---------------------|
| <p>a.</p>  | <p>b.</p>  | <p>c.</p>  | | | |
| <p>NOTAS</p> | <p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p> | <p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> | <p>OBTENCIÓN DE BIOPELÍCULA DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA Y DEL PERICARPIO DE MARACUYÁ</p> | | |
| <p>a. Pruebas preliminares para obtención de la biopelícula</p> <p>b. Secado de prueba preliminares</p> <p>c. Biopelícula obtenida</p> | <p>➤ Aprobado</p> <p>➤ Certificado</p> <p>➤ Por aprobar</p> <p>➤ Por calificar</p> <p>➤ Por verificar</p> | <p>Elaborado por: Efrén Wladimir Guamán Guamán</p> | <p>LÁMINA</p> | <p>ESCALA</p> | <p>FECHA</p> |
| | | | <p>1</p> | <p>1:1</p> | <p>2021/03/19</p> |

ANEXO J: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE BIOPELÍCULA OBTENIDA

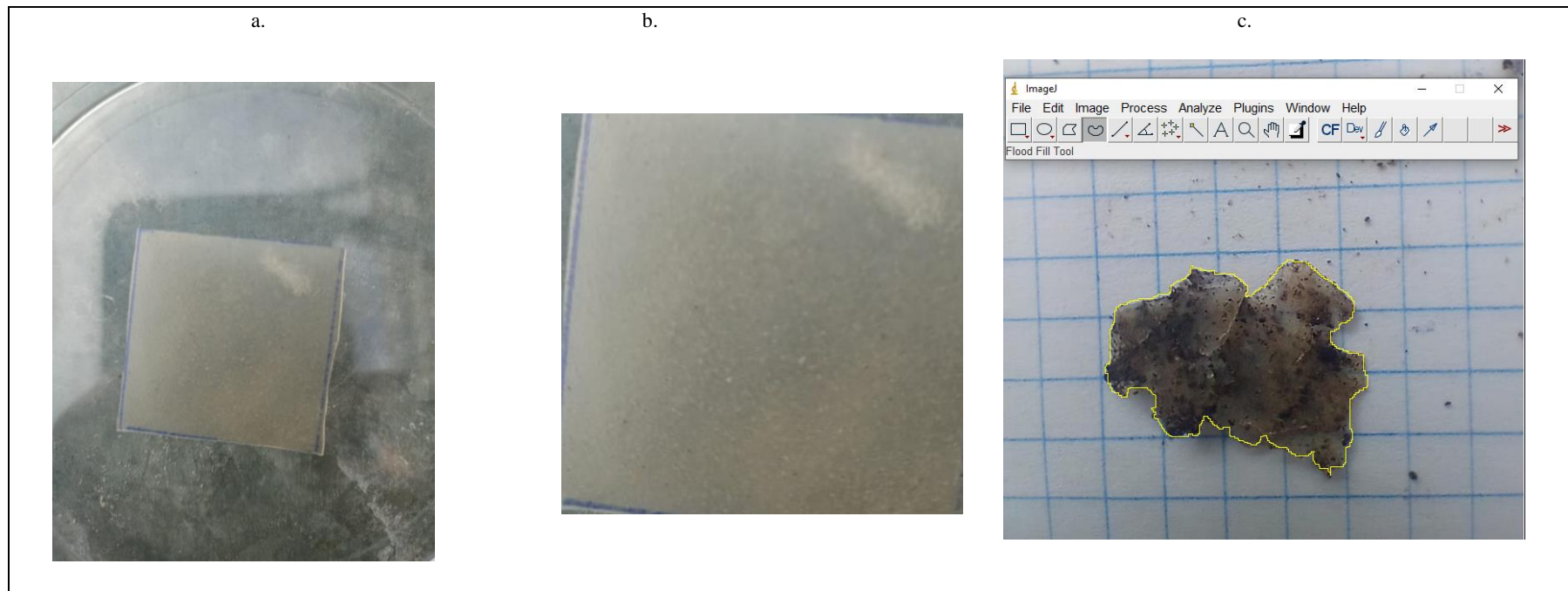


| NOTAS | CATEGORIA DEL DIAGRAMA | ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA | CARACTERIZACIÓN DE BIOPELÍCULA DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA Y DEL PERICARPIO DE MARACUYÁ | | |
|---|--|---|---|--------|------------|
| a. Pie de rey digital utilizado para determinación de espesor b. Sílica gel utilizado en determinación de permeabilidad de la biopelícula c. Determinación de humedad de las biopelículas | ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar | Elaborado por: Efrén Wladimir Guamán Guamán | LÁMINA | ESCALA | FECHA |
| | | | 1 | 1:1 | 2021/03/19 |

ANEXO K: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE BIOPELÍCULA OBTENIDA

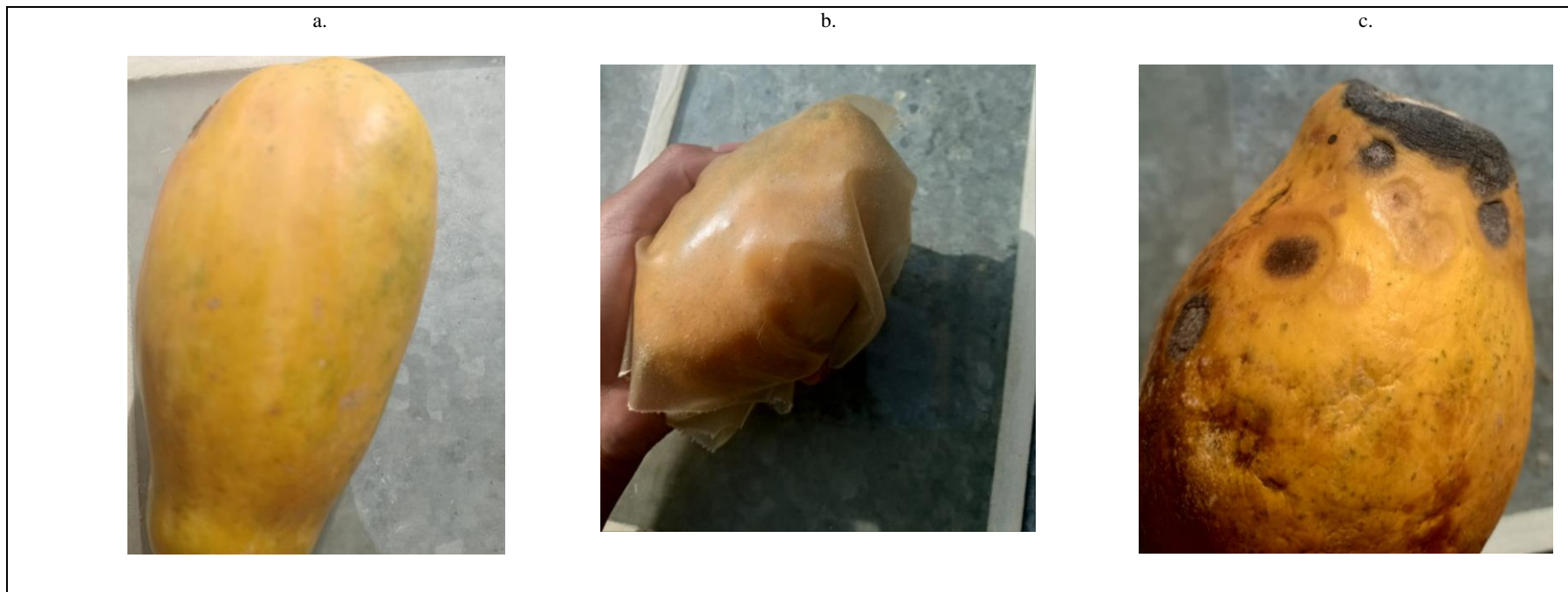
| | | | | | |
|---|---|---|---|----------------------|---------------------|
| <p>a.</p>  | <p>b.</p>  | <p>c.</p>  | | | |
| <p>NOTAS</p> | <p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p> | <p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>Elaborado por: Efrén Wladimir Guamán Guamán</p> | <p>CARACTERIZACIÓN DE BIOPELÍCULA DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA Y DEL PERICARPIO DE MARACUYÁ</p> | | |
| <p>a. Biopelícula obtenida para su caracterización</p> <p>b. Determinación de biodegradabilidad en medio acuoso</p> <p>c. Determinación de biodegradabilidad en medio anaerobio</p> | <p>➤ Aprobado</p> <p>➤ Certificado</p> <p>➤ Por aprobar</p> <p>➤ Por calificar</p> <p>➤ Por verificar</p> | | <p>LÁMINA</p> | <p>ESCALA</p> | <p>FECHA</p> |
| | | | <p>1</p> | <p>1:1</p> | <p>2021/03/19</p> |

ANEXO L: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE BIOPELÍCULA OBTENIDA



| NOTAS | CATEGORIA DEL DIAGRAMA | ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA | CARACTERIZACIÓN DE BIOPELÍCULA DE ALMIDÓN DE PAPA SUPERCHOLA Y DEL PERICARPIO DE MARACUYÁ | | |
|---|--|---|---|--------|------------|
| a. Determinación de biodegradabilidad en medio aerobio b. Determinación de biodegradabilidad por medición de área c. Utilización de Software ImageJ para determinación de biodegradabilidad por área. | ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar | Elaborado por: Efrén Wladimir Guamán Guamán | LÁMINA | ESCALA | FECHA |
| | | | 1 | 1:1 | 2021/03/19 |

ANEXO M: APLICACIÓN DE LA BIOPELÍCULA OBTENIDA EN UNA PAPAYA



| NOTAS | CATEGORIA DEL DIAGRAMA | ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA | APLICACIÓN DE LA BIOPELÍCULA EN EMBALAJE DE UNA FRUTA | | |
|---|--|---|---|--------|------------|
| a. Fruta sin cubierta P2 b. Fruta cubierta con biopelícula P1 c. Fruta no cubierta después de una semana y media P2 (10 días) | <ul style="list-style-type: none"> • Aprobado • Certificado • Por aprobar • Por calificar • Por verificar | Elaborado por: Efrén Wladimir Guamán Guamán | LÁMINA | ESCALA | FECHA |
| | | | 1 | 1:1 | 2021/03/19 |

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

| INFORME DE RESULTADOS | |
|--|--|
| ENSAYO DE TRACCION | N°01 |
| REALIZADO POR | Efrén Wladimir Guamán Guamán |
| TEMA DE TESIS | OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE LA PAPA SUPERCHOLA (<i>Solanum tuberosum L.</i>) Y PERICARPIO DE MARACUYÁ (<i>Passiflora edulis</i>) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS. |
| TIPO DE MATERIAL | Bioplástico |
| FECHA DE FABRICACIÓN | 13 de Septiembre 2021 |
| CARACTERÍSTICAS DE COLOR | Lámina color Marrón claro |
| ESPESOR(mm) | 0,3 |
| ANCHURA(mm) | 15 |
| LONGITUD INICIAL(mm) | 275 |
| SECCION TRANSVERSAL (mm ²) | 4,5 |
| CARGA MÁXIMA (N) | 31,4 |
| ESFUERZO MÁXIMO(MPa) | 6,98 |
| PORCENTAJE DE ELONGACIÓN | 34,29 |
| MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa) | 1,80E+02 |
| CARGA DE FLUENCIA (N) | 1,99995 |
| ESFUERZO DE FLUENCIA (Mpa) | 1,8 |

Aprobado por:

Julio Cesar Llerena Zambrano

ING. JULIO CESAR LLERENA ZAMBRANO
 TECNICO DOCENTE
 PRUEBAS MECÁNICAS



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

| INFORME DE RESULTADOS | |
|--|--|
| ENSAYO DE TRACCION | N°02 |
| REALIZADO POR | Efrén Wladimir Guamán Guamán |
| TEMA DE TESIS | OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE LA PAPA SUPERCHOLA (<i>Solanum tuberosum L.</i>) Y PERICARPIO DE MARACUYÁ (<i>Passiflora edulis</i>) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS. |
| TIPO DE MATERIAL | Bioplástico |
| FECHA DE FABRICACIÓN | 13 de Septiembre 2021 |
| CARACTERÍSTICAS DE COLOR | Lámina color Marrón claro |
| ESPESOR(mm) | 0,3 |
| ANCHURA(mm) | 15 |
| LONGITUD INICIAL(mm) | 274 |
| SECCION TRANSVERSAL (mm ²) | 4,5 |
| CARGA MÁXIMA (N) | 26,5 |
| ESFUERZO MÁXIMO(MPa) | 5,89 |
| PORCENTAJE DE ELONGACIÓN | 25,71 |
| MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa) | 2,02E+02 |
| CARGA DE FLUENCIA (N) | 2,89995 |
| ESFUERZO DE FLUENCIA (Mpa) | 0,47 |

Aprobado por:



ING. JULIO CESAR LLERENA ZAMBRANO

TECNICO DOCENTE

PRUEBAS MECÁNICAS



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

| INFORME DE RESULTADOS | |
|---|--|
| ENSAYO DE TRACCION | N°03 |
| REALIZADO POR | Efrén Wladimir Guamán Guamán |
| TEMA DE TESIS | OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE LA PAPA SUPERCHOLA (<i>Solanum tuberosum L.</i>) Y PERICARPIO DE MARACUYÁ (<i>Passiflora edulis</i>) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS. |
| TIPO DE MATERIAL | Bioplástico |
| FECHA DE FABRICACIÓN | 13 de Septiembre 2021 |
| CARACTERÍSTICAS DE COLOR | Lámina color Marrón claro |
| ESPESOR(mm) | 0,3 |
| ANCHURA(mm) | 15 |
| LONGITUD INICIAL(mm) | 278 |
| SECCION TRANSVERSAL (mm²) | 4,5 |
| CARGA MÁXIMA (N) | 35,3 |
| ESFUERZO MÁXIMO(MPa) | 7,84 |
| PORCENTAJE DE ELONGACIÓN | 34,29 |
| MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa) | 2,04E+02 |
| CARGA DE FLUENCIA (N) | 1,99995 |
| ESFUERZO DE FLUENCIA (Mpa) | 1,8 |

Aprobado por:

Julio Cesar Llerena Zambrano

ING. JULIO CESAR LLERENA ZAMBRANO
TECNICO DOCENTE
PRUEBAS MECÁNICAS



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

| INFORME DE RESULTADOS | |
|--|--|
| ENSAYO DE TRACCION | N°04 |
| REALIZADO POR | Efrén Wladimir Guamán Guamán |
| TEMA DE TESIS | OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE LA PAPA SUPERCHOLA (<i>Solanum tuberosum L.</i>) Y PERICARPIO DE MARACUYÁ (<i>Passiflora edulis</i>) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS. |
| TIPO DE MATERIAL | Bioplástico |
| FECHA DE FABRICACIÓN | 13 de Septiembre 2021 |
| CARACTERÍSTICAS DE COLOR | Lámina color Marrón claro |
| ESPESOR(mm) | 0,3 |
| ANCHURA(mm) | 15 |
| LONGITUD INICIAL(mm) | 276 |
| SECCION TRANSVERSAL (mm ²) | 4,5 |
| CARGA MÁXIMA (N) | 13,7 |
| ESFUERZO MÁXIMO(MPa) | 3,04 |
| PORCENTAJE DE ELONGACIÓN | 18,57 |
| MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa) | 1,45E+02 |
| CARGA DE FLUENCIA (N) | 2,8995 |
| ESFUERZO DE FLUENCIA (Mpa) | 0,47 |

Aprobado por:

Julio Cesar Llerena Z.

ING. JULIO CESAR LLERENA ZAMBRANO

TECNICO DOCENTE

PRUEBAS MECÁNICAS





epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

*UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL*

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 12 / 04 / 2022

| |
|--|
| INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S) |
| Nombres – Apellidos: <i>Efrén Wladimir Guamán Guamán</i> |
| INFORMACIÓN INSTITUCIONAL |
| Facultad: <i>Ciencias</i> |
| Carrera: <i>Ingeniería Química</i> |
| Título a optar: <i>Ingeniero Químico</i> |
| f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i> |

LEONARDO
FABIO
MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por
LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA
NUSTE
Fecha: 2022.04.12 14:39:16 -05'00'



0306-DBRA-UTP-2022