



**Desarrollo, caracterización y evaluación de películas comestibles con base de almidón de camote (*Ipomoea batatas*), sobre criterios de calidad de tomates almacenados al ambiente**

Chanataxi Rosales, Ángela Katherine

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro, Mgtr.

15 de febrero del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

**Certificación:**

Certifico que el trabajo de integración curricular: **Desarrollo, caracterización y evaluación de películas comestible con base de almidón de camote (*Ipomoea batatas*), sobre criterios de calidad de tomates almacenados al ambiente**, fue realizado por la señorita: **Chanataxi Rosales, Angela Katherine**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 15 de febrero del 2023



GABRIEL ALEJANDRO  
LARREACEDENO

Ing. Larrea Cedeno, Gabriel Alejandro, Mgtr.

C. C. 1709635039

# Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

15 de febrero del 2023

## Informe de originalidad

---

### NOMBRE DEL CURSO

Revisión Tesis

### NOMBRE DEL ALUMNO

ANGELA KATHERINE CHANATAXI ROSALES

### NOMBRE DEL ARCHIVO

ANGELA KATHERINE CHANATAXI ROSALES - Tesis

### SE HA CREADO EL INFORME

15 feb 2023

---

## Resumen

Fragmentos marcados	12	3 %
Fragmentos citados o entrecuillados	16	4 %

### Coincidencias de la Web

uce.edu.ec	7	2 %
esPOCH.edu.ec	4	1 %
uson.mx	4	1 %
laboratoriouniversal.com	2	0,8 %
uaaan.mx	2	0,4 %
cimainredientes.com	1	0,2 %
researchgate.net	1	0,2 %
inta.gob.ar	2	0,2 %
infoagro.com	1	0,2 %
uta.edu.ec	1	0,1 %
scielo.cl	1	0,1 %
scielo.org.mx	1	0,1 %
scielo.org.co	1	0,1 %



Firmado digitalmente por  
GABRIEL ALEJANDRO  
LARREA CEDEÑO

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro, Mgtr.

C. C. 1709635039



**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura**

**Carrera Agropecuaria**

**Responsabilidad de Autoría:**

Yo, **Chanataxi Rosales, Angela Katherine**, con cédula de ciudadanía No 1725912016, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Desarrollo, caracterización y evaluación de películas comestibles con base de almidón de camote (*Ipomoea batatas*), sobre criterios de calidad de tomates almacenados al ambiente**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 15 de febrero del 2023

*Angela Katherine Rosales Chanataxi*

**Chanataxi Rosales, Angela Katherine**

C.C.: 1725912016



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

**Autorización de Publicación:**

Yo, Chanataxi Rosales, Angela Katherine, con cédula de ciudadanía No. 1725912016, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Desarrollo, caracterización y evaluación de películas comestibles con base de almidón de camote (*Ipomoea batatas*), sobre criterios de calidad de tomates almacenados al ambiente**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 15 de febrero del 2023

.....

**Chanataxi Rosales, Angela Katherine**

C.C.: 1725912016

## **Dedicatoria**

A Dios por darme la salud, fortaleza, entendimiento y sabiduría para culminar mi carrera profesional.

A mi madre Blanca Rosales por estar siempre a mi lado guiándome, quien con su amor, paciencia y esfuerzo me ha permitido llegar a cumplir una etapa muy importante en mi vida.

A mi Padre Ángel Chanataxi por creer en mí y brindarme su amor, su apoyo incondicional, sus consejos constantes que me han servido de mucho en los caminos de mi vida.

A mi hijo Mateo Narváez, que ha sido esa piecita fundamental que brinda soporte en mi vida y quien me ha motivado a seguir adelante y culminar uno de mis sueños.

A mis hermanas Johanna, Mishell, Erika por brindarme su cariño y su apoyo incondicional

A mis cuñados, sobrinos y demás familia por todo su cariño y apoyo.

## **Agradecimientos**

A Dios, por todas las bendiciones que llegan a mi vida y por permitir que mi familia siempre permanezca a mi lado.

A mi querida Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, IASA 1 por abrirme sus puertas, por los aprendizajes que hasta la fecha me llevó, por formarme como profesionalista y por todas las cosas vividas durante mi etapa estudiantil.

A mi Tutor de tesis Ing. Gabriel Larrea por su apoyo y conocimientos compartidos para hacer realidad el presente trabajo de investigación.

A mis queridos padres gracias por todo el apoyo incondicional, el amor, los consejos y por formarme con buenos sentimientos y valores los cuales me han servido de mucho para salir adelante.

A mis amigos/as por todo su apoyo en los momentos buenos y malos durante todo el proceso de formación académica.

***Chanataxi Rosales, Angela Katherine***

## Índice de contenidos

Carátula .....	1
Certificación .....	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos .....	3
Responsabilidad de Autoría .....	4
Autorización de Publicación .....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimientos.....	7
Índice de contenidos .....	8
Índice de tablas .....	13
Índice de Figuras.....	15
RESUMEN.....	17
ABSTRACT .....	18
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>19</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>19</b>
Antecedentes.....	19
Justificación .....	20
Objetivos.....	21
Objetivo general.....	21
Objetivos específicos.....	21
Hipótesis .....	21
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>22</b>
<b>MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>22</b>
Generalidades del Camote.....	22
Características botánicas del camote .....	22
Composición proximal y química del camote.....	23



Almidón .....	24
Estructura del almidón .....	24
Características del almidón .....	25
Gelatinización .....	25
Modificación del almidón .....	25
Liofilización .....	26
Componentes para la elaboración de películas comestibles .....	26
Agua destilada .....	26
Goma Xantana.....	26
Glicerina.....	27
Albedo cítrico .....	27
Importancia del cultivo de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> var. <i>cerasiforme</i> ). .....	28
Origen de la Planta de Tomate .....	28
Composición botánica del tomate .....	28
Usos del tomate.....	28
Vida de anaquel del tomate.....	29
Calidad del fruto.....	29
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>30</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>30</b>
Ubicación y característica del área de estudio .....	30
Materiales .....	31
Materiales utilizados para la elaboración de la película comestible.....	31
Determinación del rendimiento.....	31
Modificación del almidón de camote .....	31
Obtención del Albedo Cítrico.....	31
Elaboración Película comestible .....	32

Materiales que se utilizaron para la caracterización de películas comestibles.....	33
Humedad (%).....	33
Solubilidad (%).....	33
Espesor (mm) .....	34
Materiales que se utilizaron para evaluar la calidad del Tomate Cherry .....	34
Pérdida de peso, pH, Acidez titulable y sólidos totales .....	34
Métodos .....	34
Obtención de los tubérculos .....	34
Método de obtención de almidón .....	34
Método de obtención del albedo cítrico (Toronja).....	35
Modificación del almidón de camote por liofilización .....	37
Método para la elaboración de la película comestible .....	37
Variables de Estudio.....	39
Caracterización de las películas comestibles películas comestibles. ....	39
Espesor (mm) .....	39
Elongación (%).....	39
Porcentaje de humedad .....	40
Solubilidad en agua. ....	41
Biodegradabilidad .....	41
Determinación de la calidad del tomate Cherry .....	42
Montaje del Experimento.....	42
Pérdida de peso.....	43
Acidez titulable y pH .....	44
Sólidos solubles totales (°Brix) .....	45
Firmeza .....	46
Apariencia .....	47

Estado de maduración (Color) .....	47
Vida útil .....	48
Factor de estudio .....	48
Tratamientos y formulaciones de películas comestibles .....	48
Periodo de almacenamiento .....	49
Diseño Estadístico .....	49
Análisis estadístico .....	49
Modelo matemático .....	49
Análisis funcional .....	50
Croquis experimental .....	50
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>51</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>51</b>
Formulación de películas comestibles con 3 niveles diferentes de albedo cítrico deshidratado. .....	51
Caracterización de películas comestibles, su funcionalidad como barrera, biodegradabilidad y resistencia mecánica .....	51
Espesor (mm) .....	53
Porcentaje de elongación .....	54
Contenido de humedad (%).....	56
Solubilidad en agua (%) .....	57
Biodegradabilidad .....	59
Efecto de las películas comestibles formuladas sobre la vida útil de tomate Cherry almacenado durante 12 días a condiciones ambiente .....	61
Pérdida de peso (%) .....	61
Acidez titulable (%) .....	63
pH.....	65

Sólidos solubles totales (°Brix) .....	66
Análisis de variables cualitativas.....	68
Firmeza .....	68
Apariencia .....	70
Color.....	72
Vida útil .....	73
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>76</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>76</b>
Conclusiones .....	76
Recomendaciones.....	77
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>79</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	<i>Clasificación taxonómica del camote</i> .....	22
<b>Tabla 2</b>	<i>Composición química y proximal del camote según la variedad (gr/100gr de materia seca)</i> .....	23
<b>Tabla 3</b>	<i>Recursos necesarios para la obtención del almidón de camote</i> .....	31
<b>Tabla 4</b>	<i>Recursos necesarios para la modificación del almidón de camote</i> .....	31
<b>Tabla 5</b>	<i>Recursos necesarios para la obtención del albedo cítrico</i> .....	31
<b>Tabla 6</b>	<i>Recursos necesarios para la elaboración de la película comestible</i> .....	32
<b>Tabla 7</b>	<i>Formulaciones para la obtención de la película comestible con 3 niveles de albedo</i> ..	32
<b>Tabla 8</b>	<i>Recursos necesarios para la determinación de humedad en películas comestibles</i> ...	33
<b>Tabla 9</b>	<i>Recursos necesarios para la determinación de solubilidad en películas comestibles</i> .	33
<b>Tabla 10</b>	<i>Recursos necesarios para la determinación de espesor en películas comestibles</i> ....	34
<b>Tabla 11</b>	<i>Recursos necesarios para la determinación de la calidad del Tomate Cherry</i> .....	34
<b>Tabla 12</b>	<i>Escala de Kader y Morris para la determinación de firmeza del fruto de tomate</i> .....	46
<b>Tabla 13</b>	<i>Descripción de la variable apariencia para cada periodo de evaluación</i> .....	47
<b>Tabla 14</b>	<i>Tratamientos empleados para el análisis físico químicos y vida útil en tomate Cherry</i> .....	48
<b>Tabla 15</b>	<i>Propiedades físicas de películas comestibles de almidón de camote con porcentajes diferentes de albedo cítrico</i> .....	52
<b>Tabla 16</b>	<i>Medias <math>\pm</math> desviación estándar del espesor de películas de almidón de camote en porcentajes diferentes de albedo cítrico.</i> .....	53
<b>Tabla 17</b>	<i>Medias <math>\pm</math> desviación estándar del porcentaje de elongación de películas a base almidón de camote con diferentes concentraciones de albedo cítrico.</i> .....	55
<b>Tabla 18</b>	<i>Medias <math>\pm</math> desviación estándar del contenido de humedad de películas a base almidón de camote con diferentes concentraciones de Albedo cítrico</i> .....	56

<b>Tabla 19</b>	<i>Medias <math>\pm</math> desviación estándar del porcentaje de solubilidad de películas a base almidón de camote con diferentes concentraciones de Albedo cítrico. ....</i>	58
<b>Tabla 20</b>	<i>Medias <math>\pm</math> desviación estándar del porcentaje de biodegradabilidad de películas a base almidón de camote con diferentes concentraciones de Albedo cítrico .....</i>	59
<b>Tabla 21</b>	<i>Datos de variables físicas y químicas del Tomate Cherry.....</i>	61
<b>Tabla 22</b>	<i>Medias <math>\pm</math> desviación estándar de la pérdida de peso del tomate Cherry evaluadas a los 12 días a temperatura ambiente.....</i>	61
<b>Tabla 23</b>	<i>Medias <math>\pm</math> desviación estándar de la acidez titulable del tomate Cherry evaluados a los 12 días a temperatura ambiente .....</i>	63
<b>Tabla 24</b>	<i>Medias <math>\pm</math> desviación estándar del pH del tomate Cherry evaluadas a los 12 días a temperatura ambiente.....</i>	65
<b>Tabla 25</b>	<i>Medias <math>\pm</math> desviación estándar del pH del tomate Cherry evaluadas a los 12 días a temperatura ambiente.....</i>	67
<b>Tabla 26</b>	<i>Frecuencias absolutas En Columnas: Tipo de firmeza .....</i>	68
<b>Tabla 27</b>	<i>Frecuencias absolutas En Columnas: Apariencia .....</i>	70
<b>Tabla 28</b>	<i>Frecuencias absolutas En Columnas: Color.....</i>	72
<b>Tabla 29</b>	<i>Días de vida útil según fórmula de la Labuza .....</i>	74

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b>	<i>Estructura taxonómica del camote</i> .....	23
<b>Figura 2</b>	<i>Estructura química del almidón</i> .....	24
<b>Figura 3</b>	<i>Fruto de Toronja (Citrus paradisi)</i> .....	27
<b>Figura 4</b>	<i>Ubicación Geográfica de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I</i> .....	30
<b>Figura 5</b>	<i>Flujograma para la obtención del almidón de camote</i> .....	36
<b>Figura 6</b>	<i>Flujograma para la obtención de albedo cítrico de toronja</i> .....	36
<b>Figura 7</b>	<i>Proceso empleado para la modificación del almidón de camote</i> .....	37
<b>Figura 8</b>	<i>Proceso para la elaboración de películas comestibles</i> .....	38
<b>Figura 9</b>	<i>Medición del espesor de películas comestibles</i> .....	39
<b>Figura 10</b>	<i>Toma de datos para el porcentaje de elongación</i> .....	40
<b>Figura 11</b>	<i>Proceso para la determinación del porcentaje de humedad</i> .....	40
<b>Figura 12</b>	<i>Proceso empleado para la determinación del porcentaje de solubilidad</i> .....	41
<b>Figura 13</b>	<i>Determinación del porcentaje de biodegradabilidad</i> .....	42
<b>Figura 14</b>	<i>Montaje del experimento para la evaluación de calidad del tomate Cherry almacenados con películas comestibles en comparación al film plástico</i> .....	43
<b>Figura 15</b>	<i>Proceso para determinar la pérdida de peso</i> .....	44
<b>Figura 16</b>	<i>Determinación de acidez titulable</i> .....	45
<b>Figura 17</b>	<i>Determinación del pH</i> .....	45
<b>Figura 18</b>	<i>Determinación de los Sólidos solubles totales (°Brix)</i> .....	46
<b>Figura 19</b>	<i>Escala de color del tomate Cherry</i> .....	47
<b>Figura 20</b>	<i>Distribución y establecimiento del proyecto a temperatura ambiente</i> .....	50
<b>Figura 21</b>	<i>Espesor evaluado para cada formulación de almidón de camote con albedo cítrico</i>	54
<b>Figura 22</b>	<i>Porcentaje de elongación evaluado para cada formulación de almidón de camote con diferente concentración de albedo cítrico</i> .....	55

<b>Figura 23</b>	<i>Porcentaje de humedad evaluado para cada formulación de almidón de camote con diferente concentración de albedo cítrico.</i>	57
<b>Figura 24</b>	<i>Porcentaje de solubilidad evaluado para cada formulación de almidón de camote con diferente concentración de albedo cítrico</i>	58
<b>Figura 25</b>	<i>Porcentaje de biodegradabilidad evaluado para cada formulación de almidón de camote con diferente concentración de albedo cítrico</i>	60
<b>Figura 26</b>	<i>Porcentaje de pérdida de peso del tomate Cherry almacenados durante 12 días a temperatura ambiente</i>	62
<b>Figura 27</b>	<i>Porcentaje de acidez titulable del tomate Cherry almacenados evaluados a los 12 días a temperatura ambiente.</i>	64
<b>Figura 28</b>	<i>pH evaluado en tomate Cherry durante 12 días a temperatura ambiente.</i>	66
<b>Figura 29</b>	<i>Sólidos solubles totales (°Brix %) evaluado en tomate Cherry durante 12 días a temperatura ambiente</i>	67
<b>Figura 30</b>	<i>Frecuencias relativas al total (expresada como porcentajes)</i>	69
<b>Figura 31</b>	<i>Frecuencias relativas al total (expresada como porcentajes)</i>	71
<b>Figura 32</b>	<i>Frecuencias relativas al total (expresada como porcentajes)</i>	72
<b>Figura 33</b>	<i>Determinación de la vida útil en base a la variable de % de pérdida de peso</i>	74



## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es el desarrollo, caracterización y evaluación de una película comestible a base de almidón de camote modificado por liofilización con diferentes niveles de albedo de toronja sobre criterios de calidad de tomates Cherry almacenados al ambiente ( $15 \pm 1^\circ\text{C}$ ). Se establecieron 4 tratamientos T1 (film plástico), T2 (6% de almidón modificado + 0% de albedo cítrico), T3 (6% de almidón modificado + 0.5% de albedo cítrico), y T4 (6% de almidón modificado + 1.0% de albedo crítico). Las variables evaluadas para la caracterización de películas fueron: espesor, elongación, humedad, solubilidad en agua y biodegradabilidad. Para las variables de calidad del tomate fueron: porcentaje de pérdida de peso, pH, acidez titulable, sólidos solubles totales, apariencia, firmeza, color, vida útil. Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones, se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan con un  $p < 0.05$ , en cuanto a los análisis de variables cualitativas se aplicó la estadística de tablas de contingencia, estadísticos para la tabla marginal con un nivel de significación de  $\alpha = 0.05$ . Para la caracterización de películas se determinó que la formulación de películas comestibles con albedo 0% presentó mejor resultado con un espesor 0,24 mm, elongación con el 46,84%, humedad con 41,30%, menor contenido de solubilidad con 58,41% y mayor biodegradabilidad con 93,97%, seguido con la formulación de albedo al 0.5% con un espesor de 0,34 mm, 40,82% de elongación, 51,30 % de humedad, 60,87% de solubilidad y 93,12% de biodegradabilidad. En cuanto a los análisis físico químicos y vida útil del tomate se pudo observar como mejor resultado el para T3 (almidón modificado de camote + albedo al 0,5 %), debido a que este presentó el 3,25 % en pérdida de peso, mayor acidez titulable con 0,09%, menor pH con 4,46, menor contenido ° Brix con 6,71°, firmeza a escala 5, apariencia a escala 3, color a escala 5, tiempo de vida útil de acuerdo con la ecuación de Labuza, considerando un 9% de pérdida máxima fue de 19 días, en comparación a los demás tratamientos.

**Palabras clave:** almidón modificado, albedo crítico, películas comestibles, vida útil.

## ABSTRACT

The objective of the present investigation is the development, characterization and evaluation of an edible film based on sweet potato starch modified by lyophilization with different albedo levels of grapefruit on quality criteria of Cherry tomatoes stored in the environment ( $15 \pm 1^\circ\text{C}$ ). Four treatments were found: T1 (plastic film), T2 (6% modified hardening + 0% citric albedo), T3 (6% modified hardening + 0.5% citric albedo), and T4 (6% modified hardening + 1.0 % critical albedo). The variables evaluated for the characterization of films were: thickness, elongación, humidity, water solubility and biodegradability. For the tomato quality variables they were: percentage of weight loss, pH, titratable acidity, total soluble solids, appearance, firmness, color, useful life. A completely random design with three repetitions was taken, an analysis of variance and Duncan's test of comparison of means with a  $p < 0.05$  were carried out, regarding the analysis of qualitative variables, the statistics of contingency tables were applied, statistics for the marginal table with a significance level of  $\alpha = 0.05$ . For the characterization of films, it is prolonged that the formulation of edible films with albedo 0% presents the best result with a thickness of 0.24 mm, elongation with 46.84%, moisture with 41.30%, lower solubility content with 58, 41% and higher biodegradability with 93.97%, followed with the 0.5% albedo formulation with a thickness of 0.34 mm, 40.82% elongation, 51.30% moisture, 60.87% solubility and 93.12% biodegradability. As for the physical chemical analyzes and useful life of the tomato, the best result could be observed for T3 (modified sweet potato starch + albedo at 0.5%), because it presents 3.25% in weight loss, higher titratable acidity with 0.09%, lower pH with 4.46, lower Brix content with  $6.71^\circ$ , firmness at scale 5, appearance at scale 3, color at scale 5, shelf life according to the formula of Labuza, considering a 9% maximum loss was 19 days, compared to the other treatments.

**Keywords:** modified starch, critical albedo, edible films, shelf life.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### Antecedentes

Hoy en día el consumidor exige cada vez más alimentos de mejor calidad y de mayor vida de anaquel, por ello se busca el desarrollo y la producción de películas comestibles biodegradables como una forma de protección para los alimentos Solano *et al.*, (2018); ya que este material es un polímero biodegradable derivado de almidones de camote, papa, yuca, zanahoria, entre otros; que cubre los alimentos sirviendo como alternativa para alargar el tiempo de vida en frutas, verduras y hortalizas, García *et al.*, (2022).

El tomate es considerada una hortaliza muy perecedera, por lo que actualmente la necesidad por la conservación de la calidad del tomate ha aumentado, ya que este alimento presenta un estado de maduración rápido y tiene un periodo de vida de 4 a 6 semanas, debido a la presencia de diversos factores que lo llevan a su deterioro como son: la temperatura y la humedad al ser sometidos durante su comercialización, transporte y almacenamiento, por lo que puede presentar la pérdida de agua a través del tejido dañado, Deccoiberica, (2018).

El almidón es uno de los polímeros naturales más abundantes, considerado como una materia prima prometedora en la elaboración de películas comestibles con excelentes propiedades como barrera de oxígeno y transferencia de CO<sub>2</sub> también por su capacidad para formar una matriz adecuada con un bajo costo de producción, fácil de encontrar en comparación con otras películas, Doane, (2006).

El albedo es una sustancia esponjosa y blanca que se encuentra entre los segmentos del fruto y el tejido de la cáscara, puede ser extraída de diferentes fuentes como los cítricos o las pasifloráceas como son la granadilla y maracuyá, este subproducto de origen vegetal contiene sustancias pépticas que tiene la capacidad de retener agua formando un gel. Las pectinas son una clase de polisacáridos complejos solubles en agua bien distribuidos en las paredes celulares de las plantas superiores, por lo tanto, este biopolímero constituido

principalmente por ácido galacturónico es empleado en la elaboración de películas, ya que posee propiedades gelificantes y de absorción, Matta & Berlotag (2019).

### **Justificación**

El tomate Cherry es una de las variedades más importantes de consumo en fresco y aporta el doble de contenido de vitamina C en comparación al tomate normal, por lo que debe ser cosechado en estado breaker para minimizar daños durante el proceso de postcosecha, es considerado un alimento perecedero, por lo que requiere técnicas de manejo apropiado para extender la calidad física, nutricional y su tiempo de vida en anaquel ; esto debido a que después de ser separado de la planta inicia una serie de transformaciones como es el proceso de maduración así como el cambio de color, textura, sabor las cuales determinar la calidad para el consumo, Contreras (2004).

El empleo de películas comestibles a base de polisacáridos juega un rol importante en la industria alimentaria ya que han demostrado ser muy efectivos en la conservación de frutas, verduras y hortalizas, mejorando la calidad de los alimentos y conservación, actuando como una barrera selectiva de gases, retardando el transporte de dióxido de carbono y oxígeno, reduciendo la pérdida de agua, procesos oxidativos, el crecimiento microbiológico y aumentando la resistencia mecánica del tomate; esto nos asegura tener un producto fresco con mayor vida útil en anaquel, siendo así las películas comestibles innovadoras y efectivas para proteger los alimentos reduciendo al mismo tiempo el uso de envases desechable, Ancos *et al.*, (2015).

Es por ello que en la presente investigación se elaborará películas comestibles a base de almidón de camote modificado con la inclusión de 3 diferentes niveles de albedo cítrico (toronja), donde nos permitirá evaluar parámetros físicos químicos y la vida útil del tomate Cherry almacenados a temperatura ambiente en comparación al film plástico.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Desarrollar, caracterizar y evaluar películas comestibles con base de almidón de camote (*Ipomoea batatas*), sobre criterios de calidad de tomates almacenados al ambiente.

### ***Objetivos específicos***

- Obtener y adecuar el almidón de camote para la formulación de películas comestibles con 3 niveles diferentes de albedo cítrico deshidratado.
- Caracterizar las películas comestibles, su funcionalidad como barrera, biodegradabilidad y resistencia mecánica.
- Evaluar el efecto de las películas comestibles formuladas sobre la vida útil de tomate Cherry frente a film plástico para alimentos almacenado durante 12 días a condiciones ambientales.

### ***Hipótesis***

**H<sub>0</sub>:** El uso de películas comestibles con almidón de camote y tres niveles de albedo, no prolonga la vida útil del tomate Cherry, en forma estadísticamente significativa.

**H<sub>1</sub>** El uso de películas comestibles con almidón de camote y tres niveles de albedo, prolonga la vida útil del tomate Cherry, en forma estadísticamente significativa.

## CAPÍTULO II

### MARCO REFERENCIAL

#### Generalidades del Camote

**Tabla 1**

*Clasificación taxonómica del camote*

Taxonomía	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Solanales
Familia:	Convolvulaceae
Género:	<i>Ipomoea</i>
Especie:	<i>Ipomoea batatas</i> (L)

*Nota. Recuperado de sisbib.unmsm.edu.pe por Parra. (2019).*

#### **Características botánicas del camote**

El camote pertenece a la familia de las convolvulácea, cuyo género pertenece a la *Ipomoea*, y el tipo de especie *Ipomoea batatas*, por lo general es de hábito rastrero, con tallos que se desarrollan horizontalmente sobre el suelo; posee raíces tuberosas la cual se desarrolla en los nudos del tallo, la forma de sus flores es en campana agrupadas en inflorescencias, presentando colores que varían de verde pálido a un púrpura oscuro. Sus hojas se desarrollan en espiral, esta varía dependiendo del cultivar, pueden ser hojas de forma redonda, hasta, triangulares o trilobuladas, de pigmentación verde. Las propiedades del tubérculo dependen de cada variedad a la que pertenezca, Vidal *et al.*, (2018).

## Figura 1

### Estructura taxonómica del camote



*Nota.* El gráfico representa la planta del camote donde se muestra su estructura taxonómica, Autor: Esquivel & Velázquez, (2014)

### Composición proximal y química del camote

La composición proximal y química del camote como (contenido de azúcares totales, almidón, proteína, grasa, cenizas, carbohidratos, entre otras), es de mucha importancia, ya que indican la calidad global para el uso agroindustrial. La composición química y proximal según la variedad de camote se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 2**

*Composición química y proximal del camote según la variedad (gr/100gr de materia seca)*

Tipo de variedad	% Carbohidratos	% Grasa	% Cenizas	% Proteína	% Fibra	% Amilosa	% Amilopectina
Zapallo	82,57	0,85	4,53	7,86	4,19	10,93	89,07
Morado Ecuador	80,92	1,18	6,77	5,45	5,69	8,55	91,45
Toquecita	81,01	1,83	5,62	4,95	6,59	6,32	93,68
Pedrito	81,89	0,59	4,70	8,97	3,84	10,26	89,74

*Nota.* Recuperado de repositorio.iniap.gob.ec. Copyright por Armijos *et al.*, (2020)

## Almidón

Denominado como fécula proveniente de fuentes naturales constituido por gránulos que presentan una configuración macromolecular organizada en capas cuya particularidad en relación a su porción, a su composición y a su apariencia dependen en gran medida de la fuente de la que procedan, Guamán (2019).

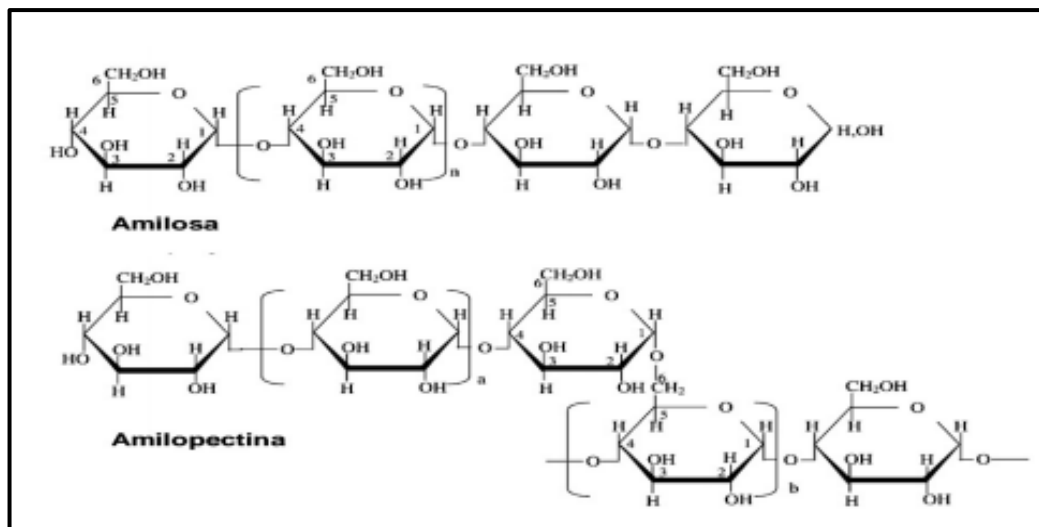
El almidón es un carbohidrato complejo (polisacárido) considerado como reserva energética de los vegetales, cuya molécula compleja se encuentra presente en raíces, frutos, tubérculos y semillas, Contreras (2021).

### **Estructura del almidón**

Está formado por dos homopolímeros de  $\alpha$  glucosa como unidad básica, unidas mediante enlaces glucosídicos, que constituyen a dos polisacáridos químicamente distinguidos como es la molécula lineal de amilosa y amilopectina, en el caso de amilosa es insoluble en agua que se encuentra conformada por varios anillos de glucosa adheridas entre ellas por enlaces  $\alpha$  1-4 lo que da lugar a un esqueleto helicoidal, Guízar *et al.*, (2008).

## Figura 2

### *Estructura química del almidón*



Nota. El gráfico representa a la estructura química del almidón citado por Hernández (2019).



En el caso de la amilopectina posee ramificaciones de glucosa unidas en un 94-96% por enlaces  $\alpha$  (1-4), en un 4-6% con uniones  $\alpha$  (1-6), siendo un polímero parcialmente soluble en agua caliente. Las estructuras de los almidones están compuestas por amilopectina en su totalidad, Junjé & Molford (2004).

## **Características del almidón**

### ***Gelatinización***

La gelatinización del almidón es un proceso endotérmico que corresponde a la disociación de las moléculas de almidón, las mismas que se disponen en una doble hélice y se transforman en una conformación amorfa. La temperatura de gelatinización y su entalpía durante dicho proceso se determina mediante calorimetría de barrido diferencial (CBD). El pico endotérmico de CBD refleja pérdida de la doble hélice de la amilopectina, Zhang *et al.*, (2017).

El almidón de camote posee estructuras organizadas debido a la presencia de amilosa, y amilopectina. Esta posee la incapacidad de disolverse en agua fría, pero al estar sometido a una alteración de la temperatura en el agua, se produce un aumento en el tamaño y viscosidad del almidón, a este proceso se lo denomina gelatinización del almidón, Hazarika & Sit (2016).

### **Modificación del almidón**

Los almidones son utilizados en la industria alimentaria como agentes espesantes o estabilizantes que proveen a los productos propiedades tales como la textura y apariencia, Sartrat *et al.*, (2005). Sin embargo, los almidones nativos pueden no ser adecuados para el desarrollo de determinados productos, por ello una opción para mejorar sus propiedades y ampliar el uso de este polímero consiste en la modificación del almidón mediante métodos químicos o físicos. Entre las modificaciones química se encuentran (irradiación con ultrasonido y microondas, esterificación de nanopartículas de almidón con lipasa como catalizador, entre otros) en las físicas se encuentran (tratamiento por osmosis, congelación profunda, congelación y descongelación múltiple, tratamiento de inhibición térmica, entre otros), Contreras (2021).

### ***Liofilización***

Consiste en la congelación previa del producto, su introducción en una cámara de vacío con la finalidad de separar el agua por sublimación. De esta manera se elimina la misma desde el estado sólido (congelado) al gaseoso, sin pasar por el estado líquido. Para acelerar el proceso se utilizan ciclos de congelación-sublimación con los que se consigue eliminar prácticamente la totalidad del agua libre contenida en el producto original. La liofilización o criodesecación, es el proceso utilizado para la eliminación del agua mediante desecación al vacío y bajo un ambiente con temperaturas oscilantes, con la finalidad de modificar estructuralmente el almidón, preservar el producto durante un tiempo determinado, sin que sus cualidades originales se vean alteradas, Providean (2013).

### **Componentes para la elaboración de películas comestibles**

#### ***Agua destilada***

El agua destilada es el resultante de un proceso minucioso de destilación la cual sujeto tiene como finalidad suprimir las impurezas, por medio de la destilación en donde consigue un agua libre de cloruros, calcio, fluoruros y magnesio. Su fórmula química es H<sub>2</sub>O. Este tipo de agua es usada como un plastificador para alcanzar la desintegración estructural del almidón durante la preparación de la mezcla para generar un almidón termoplástico, la cual se emplea con la intención de conseguir propiedades mecánicas, así como también propiedades de barrera óptimas, teniendo en cuenta una vez más que el agua es el plastificador más cuantioso y económico, Guamán (2019).

#### ***Goma Xantana***

La goma xantana es un polisacárido complejo, producto de la fermentación microbiana, es completamente soluble en agua caliente o fría, se hidrata rápidamente una vez dispersa y facilita la retención de agua produciendo soluciones altamente viscosas a baja concentración, Mollejo (2022). Las películas con goma xantana son fuertes y proporcionan buenas

propiedades como barreras en el recubrimiento de alimentos. La goma xantana es usada en películas para evitar la migración de humedad, Morales (2013).

### **Glicerina**

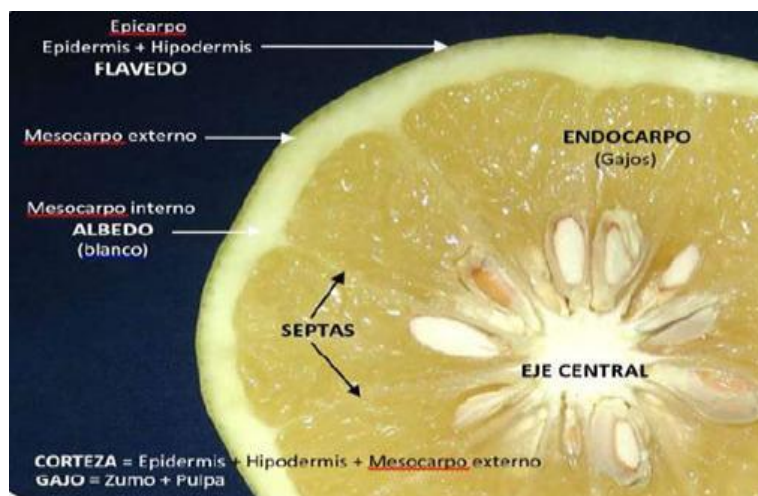
Sustancia viscosa, incolora, de sabor dulce y de olor característico, compuesta principalmente por alcohol el cual dispone de tres grupos hidroxilos (OH) y cuya fórmula molecular es  $C_3H_8O_3$ . Esta sustancia no es tóxica, presenta solubilidad en agua y además se deshace en hervor. De igual manera que el agua destilada el glicerol también es considerado como un plastificador, la cual proporciona suavidad y humectación al almidón. Este compuesto es de gran importancia para la retrogradación de artículos termoplastificados, asimismo su comportamiento como lubricante suministra la movilidad necesaria para las cadenas poliméricas correspondientes al almidón, Guamán (2019).

### **Albedo cítrico**

El albedo corresponde a un subproducto de origen vegetal, es la parte blanca de los cítricos se encuentra por debajo de la cáscara en forma de capa blanca, esponjosa que en muchas ocasiones no se consume debido al sabor amargo que posee.

### **Figura 3**

*Fruto de Toronja (Citrus paradisi)*



*Nota.* El gráfico representa al fruto de toronja para la extracción de albedo, Churata-Oroya *et al.*, (2016).

El albedo posee muy buenas características en cuanto a su composición, esta es aprovechada en la industria alimentaria, debido a uno de los componentes que destacan es el contenido de pectina. Además, este tipo de polisacáridos se emplea en la industria de los alimentos como espesante, gelificante, emulsificante y estabilizante, Burgos & Burgos (2022).

### **Importancia del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*).**

#### **Origen de la Planta de Tomate**

El tomate es una especie que pertenece a la familia de las solanáceas. Probablemente se originó en Perú, Bolivia, y la franja costera del Oeste de Sudamérica, desde el ecuador hasta cerca de los 30° de latitud sur; la mayor diversidad genética se encuentra en esa zona, López (2019).

#### ***Composición botánica del tomate***

Los tomates tipo Cherry son diferenciados por su tamaño de otros tipos de tomate, su tallo principal tienen de 2 a 4 cm de diámetro, el mismo que está cubierto por pelos granulares y no granulares que salen de la epidermis; sus hojas son compuestas imparipinadas con siete a nueve folíolos los cuales son peciolados, lobulados y con un borde dentado; sus flores son perfectas o hermafrodita que consta de cinco o más sépalos y de seis o más pétalos, estas se agrupan en racimos simples ramificados que se desarrollan en el tallo y ramas del lado opuesto de la hoja; su fruto es de tipo Cherry su tamaño varía de 1 a 3 cm de diámetro, con un peso promedio de 10 gr, agrupándose en ramilletes de 15 o más frutos, estos son de tipo pera o redondo, Garzón (2011).

#### ***Usos del tomate***

Por su alto contenido en vitaminas y minerales y por su agradable sabor, el tomate tiene importantes aplicaciones en medicina, estimula el aparato digestivo, es desinfectante y antiescorbútico, y en gastronomía, ya que está incluido en numerosos platos de la cocina internacional. En la actualidad, la investigación se centra en mejorar el rendimiento, el sabor del fruto y la resistencia de esta planta a las enfermedades. Los tomates contienen vitamina C,

potasio, fibra, y vitamina A en la forma promotora de la salud llamada beta-caroteno, la cual el cuerpo la convierte en vitamina A. Los tomates además son fuente de licopeno, el cual es materia de un estudio actual sobre el rol de los químicos de la planta que promueven la salud, López (2019).

### ***Vida de anaquel del tomate***

El tomate es un producto perecedero, la cual tiene una vida de anaquel máxima de tres semanas, dependiendo de la variedad y las condiciones del corte, también del manejo que se le da al producto como el transporte, almacenamiento, entre otros, Barrera (2017).

### ***Calidad del fruto***

Se basa en la uniformidad, firmeza, sabor, color, valor nutritivo y vida útil esto depende netamente de la variedad, influencias climatológicas y prácticas culturales, Barrera (2017).

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

##### Ubicación y característica del área de estudio

El proyecto de investigación se realizó dentro de las instalaciones de la carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, ubicada en la parroquia de San Fernando, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha (Figura 4). Geográficamente se localiza a  $78^{\circ} 24' 44''$  LO,  $0^{\circ} 23' 20''$  LS y 2748 m de altitud. La temperatura media anual es de  $14^{\circ}\text{C}$ , y la precipitación anual es de 300mm.

##### Figura 4

*Ubicación Geográfica de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I*



*Nota.* Representación de la ubicación geográfica donde se realizó la fase experimental del proyecto, adaptado de Google Earth, (2023).

## Materiales

### Materiales utilizados para la elaboración de la película comestible

#### *Determinación del rendimiento*

**Tabla 3**

*Recursos necesarios para la obtención del almidón de camote*

<b>Equipos</b>	<b>Materiales e insumos</b>	<b>Muestras</b>
Balanza	Cuchillos	Tubérculos de camote
Extractor industrial	Tablas de picar Liencillo Recipientes plásticos	

*Nota.* Autoría propia

#### *Modificación del almidón de camote*

**Tabla 4**

*Recursos necesarios para la modificación del almidón de camote*

<b>Equipos</b>	<b>Materiales e insumos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestras</b>
Balanza analítica	Fundas de sello fácil	Agua destilada	Almidón de camote
Cámara de Liofilización Refrigerador	Jeringuillas Vasos desechables		

*Nota.* Autoría propia.

#### *Obtención del Albedo Cítrico*

**Tabla 5**

*Recursos necesarios para la obtención del albedo cítrico*

<b>Equipos</b>	<b>Materiales e insumos</b>	<b>Muestras</b>
Estufa	Cuchillos	Toronjas
Molino eléctrico	Tablas de picar Recipientes de aluminio	

*Nota.* Autoría propia.

## Elaboración Película comestible

**Tabla 6**

*Recursos necesarios para la elaboración de la película comestible*

Equipos	Materiales e insumos	Reactivos	Muestras
Balanza analítica	Vasos de precipitación	Agua destilada	Almidón de camote
Cámara de secado	Jeringuillas	Goma Xantana	Albedo cítrico
Baño maría	Vasos desechables Paletas de madera Termómetro Papel cera	Glicerina	

*Nota.* Autoría propia.

**Tabla 7**

*Formulaciones para la obtención de la película comestible con 3 niveles de albedo*

Muestra	Mezcla 1		Mezcla 2		Mezcla 3		Mezcla 4	
	Porcentaje (%)	Peso (gr)	Porcentaje (%)	Peso (gr)	Porcentaje (%)	Peso (gr)	Porcentaje (%)	Peso (gr)
Agua destilada	83,5	70,97 <sub>+20</sub>	83	70,55 <sub>+20</sub>	82,5	70,12 <sub>+20</sub>	82	69,7 <sub>+20</sub>
Almidón modificado	6	5,1	6	5,1	6	5,1	6	5,1
Goma Xantana	0,5	0,43	0,5	0,43	0,5	0,43	0,5	0,43
Glicerina	10	8,5	10	8,5	10	8,5	10	8,5
Albedo Cítrico	0	0	0,5	0,42	1	0,85	1,5	1,27
<b>Total</b>	<b>100 %</b>	<b>85 gr</b>	<b>100 %</b>	<b>85 gr</b>	<b>100 %</b>	<b>85 gr</b>	<b>100 %</b>	<b>85 gr</b>

*Nota.* Se adiciono +20 de agua destilada. Autoría propia.



## Materiales que se utilizaron para la caracterización de películas comestibles

### *Humedad (%)*

**Tabla 8**

*Recursos necesarios para la determinación de humedad en películas comestibles*

<b>Equipos</b>	<b>Materiales e insumos</b>	<b>Muestras</b>
Balanza digital "ADAMLAB"	Papel aluminio	Películas comestibles
Estufa "QUINCYLAB"	Marcador permanente	
	Regla 15 cm	

*Nota.* Autoría propia.

### *Solubilidad (%)*

**Tabla 9**

*Recursos necesarios para la determinación de solubilidad en películas comestibles*

<b>Equipos</b>	<b>Materiales e insumos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestras</b>
Balanza digital "ADAMLAB"	Vasos de precipitación 150 ml	Agua destilada	Películas comestibles libres de humedad
Estufa "QUINCYLAB"	Embudo de vidrio		
Baño maría "VWR"	Matraz Erlenmeyer 250 ml		
	Papel filtro		

*Nota.* Autoría propia.

### ***Espesor (mm)***

**Tabla 10**

*Recursos necesarios para la determinación de espesor en películas comestibles*

<b>Equipos</b>	<b>Muestras</b>
Micrómetro digital	Películas comestibles

*Nota.* Autoría propia

### **Materiales que se utilizaron para evaluar la calidad del Tomate Cherry**

#### **Pérdida de peso, pH, Acidez titulable y sólidos totales**

**Tabla 11**

*Recursos necesarios para la determinación de la calidad del Tomate Cherry*

<b>Equipos</b>	<b>Materiales e insumos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestras</b>
Balanza de laboratorio	Tarrinas	Agua destilada	Tomate Cherry
Refractómetro	Mortero	Hidróxido de sodio	
pH metro	Bureta	Fenolftaleína	
Procesador de alimentos	Soporte universal		
	Vasos de precipitación 100ml		
	Papel filtro		
	Matraz Erlenmeyer 250 ml		
	Probeta 25 ml		

*Nota.* Autoría propia.

### **Métodos**

#### ***Obtención de los tubérculos***

Para la obtención del almidón, se utilizó un 1kg de tubérculos de camote estos deben estar firmes, lisos, con una epidermis de color rojiza y de buen; los mismas fueron obtenidas en el mercado central de Sangolquí.

#### ***Método de obtención de almidón***

- Recepción: se seleccionó los tubérculos en estado fresco y de buena calidad.

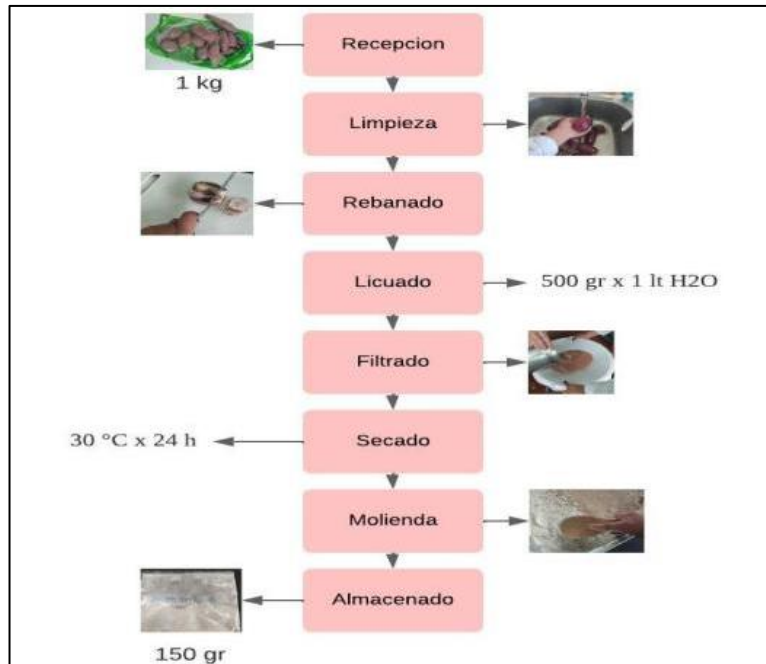
- Limpieza: se procedió a realizar un lavado de los tubérculos, la cual nos ayudó a la eliminación de impurezas. De igual manera se hizo el retiro del exocarpo (piel del camote).
- Rebanado: se realizó el rebanado de los tubérculos con ayuda un cuchillo y una tabla de cortar.
- Licuado: las rebanadas de camote fueron licuadas en un extractor mecánico, manteniendo una relación, por cada 500 g de camote: 1 litro de agua.
- Filtrado: se tamizo la mezcla mediante un filtro de tela (lienzo).
- Sedimentación: el líquido obtenido en el proceso de filtración Se colocó en bandejas de plástico durante 24 horas; transcurrido el tiempo se procedió a eliminar el sobrenadante, y se recolectó el precipitado (almidón).
- Secado: las muestras húmedas fueron llevadas a un proceso de secado en una estufa por un tiempo de 24 horas a 30°C hasta que las muestras estén secas.
- Molienda: las muestras fueron molidas y almacenadas en fundas de sello fácil.

***Método de obtención del albedo cítrico (Toronja)***

- Recepción: se seleccionó las toronjas con mayor tamaño y de buena calidad.
- Limpieza: se procedió a realizar el lavado y pelado de cada una de las toronjas, tratando de despegar la cáscara de la pulpa.
- Extracción: el albedo fue separado del epicarpio y del endocarpio con la ayuda de un cuchillo
- Secado: las muestras obtenidas fueron sometidas a un proceso de secado en una estufa por un tiempo de 24 horas a 35°C
- Molienda: las muestras fueron sometidas a un proceso de trituración en un molino eléctrico. Con la ayuda de un triturador se logrará hacer las partículas más finas.
- Empacado: el albedo obtenido fue almacenado en fundas de sello fácil.

**Figura 5**

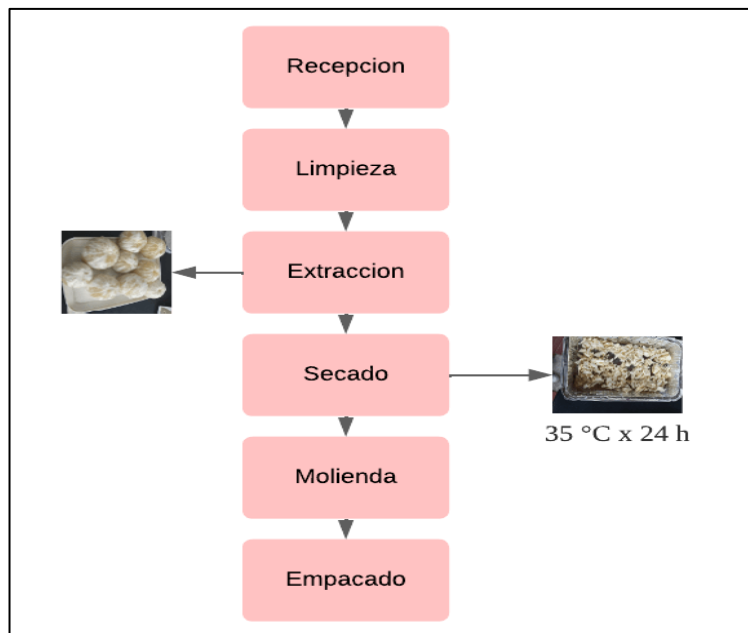
*Flujograma para la obtención del almidón de camote*



*Nota.* Proceso para la obtención del almidón. Autoría propia.

**Figura 6**

*Flujograma para la obtención de albedo cítrico de toronja*



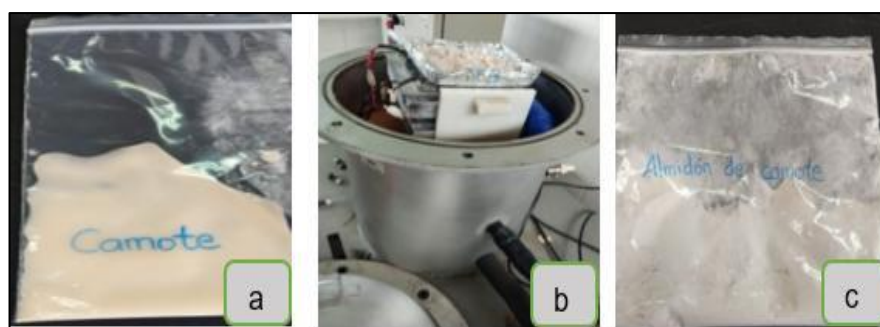
*Nota.* Proceso para la obtención de albedo cítrico. Autoría propia

### ***Modificación del almidón de camote por liofilización***

Para la obtención del almidón modificado se procedió a pesar en una balanza analítica 50 gramos de almidón, para la hidratación se hizo una relación 4:1, donde el agua destilada fue pesada para luego ser colocada en fundas de sello fácil para lograr tener una correcta homogenización. Las muestras fueron llevadas al refrigerador a una temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$  por un lapso de 24 horas. Una vez obtenidas las muestras congeladas se las trituro con la ayuda de un martillo para seguido de eso ingresarlas en la cámara de liofilización por un periodo de 24 horas. El almidón modificado fue recolectado y almacenado en fundas de sello fácil como se indica en la figura 7.

#### **Figura 7**

*Proceso empleado para la modificación del almidón de camote.*



*Nota.* Hidratación del almidón (a), proceso de liofilización (b), almidón modificado (c). Autoría propia.

### ***Método para la elaboración de la película comestible***

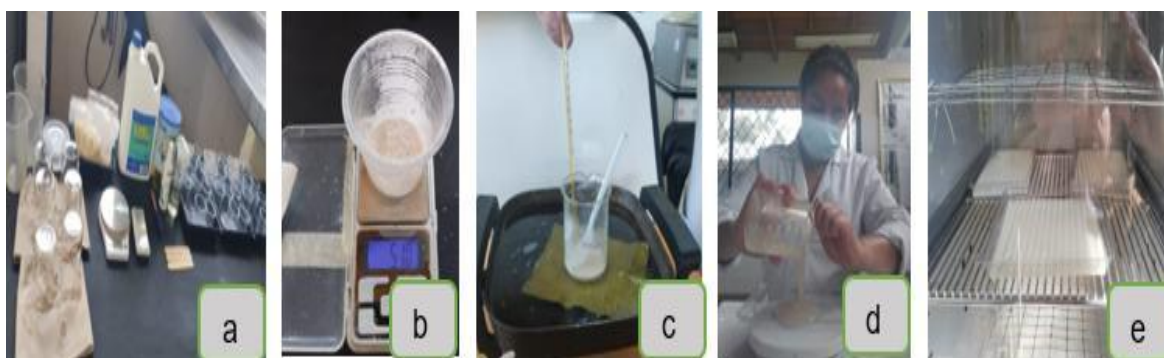
Para el proceso de formulación de películas se realizó pruebas previas con almidón modificado y sin modificar, donde se realizó 6 formulaciones con diferentes gramos para observar que película presentaba mejor características físicas. Una vez secas las películas se seleccionó la caja Petri de 25 gramos ya que no presento roturas ni cuarteamiento, se hizo una relación con las medidas que contenía la caja Petri y el molde seleccionado donde se obtuvo un valor de 85 gramos para la preparación total.

Para la obtención de la película comestible se pesó las cantidades establecidas en la (tabla 7). El 50% del agua será utilizada para la hidratación del almidón y el otro 50 % para la homogenización de goma xantana y albedo cítrico. Las mezclas se realizó en vasos de precipitación las misma que fueron llevada a baño maría en donde empezará un proceso de gelatinización durante el lapso de 5 minutos a una temperatura de 67° C la misma que fue medida con la ayuda de un termómetro de mercurio, seguido de eso se añadirá la goma xantana la misma que fue homogenizada por un lapso de 3 minutos, seguido de eso se añadió la glicerina y el albedo, donde se homogenizo durante 12 minutos esto se realizó con la ayuda de una paleta de madera hasta tener una consistencia translúcida y espesa. Usando el método de casting la sustancia obtenida fue colocada en recipientes plásticos, dejándolas reposar por un lapso de 2 horas, seguido de esto las muestras fueron llevadas a la cámara de secado dejándolas por un lapso de 24 horas.

Una vez ya obtenidas las películas comestibles, estas fueron retiradas del molde, las mismas fueron colocadas en papel cera y guardadas en fundas de sello fácil para evitar el ingreso de humedad como se indica en la figura 8.

### Figura 8

*Proceso para la elaboración de películas comestibles*



*Nota.* Materiales (a), pesaje (b), mezcla de ingredientes (c), método de casting (d), secado de películas (e). Autoría propia.

## VARIABLES DE ESTUDIO

### Caracterización de las películas comestibles

#### *Espesor (mm)*

Usando un micrómetro digital se realizó cortes de 2 x 2 cm, la cual se medirá el espesor de cada una de las películas, donde se tomará 8 medidas en varios puntos de las películas, se calculará posteriormente el valor promedio de cada película como se muestra en la figura 9.

#### Figura 9

*Medición del espesor de películas comestibles*



Nota. Cortes de película (a), toma de medida (b). Autoría propia.

#### *Elongación (%)*

Para el porcentaje de elongación se determinó manualmente, donde se realizó cortes de películas de 6 x 1,5 cm las mismas fueron colocadas en una regla de 30 cm, estas fueron elongadas hasta que la película se rompa como se muestra en la figura 10.

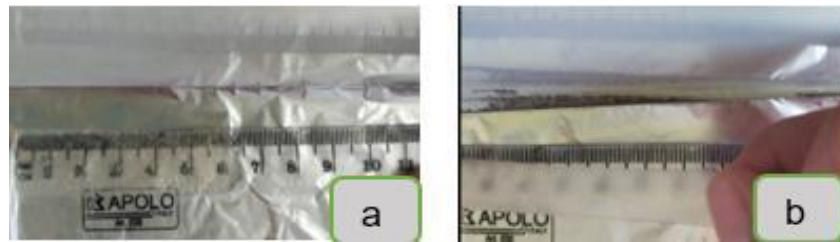
Los datos tomados se aplicarán en la siguiente ecuación descrita por Jácome (2019).

$$\% \text{ elongación} = \frac{L_f - L_i}{L_i} * 100 \quad Ec(1)$$

Donde  $L_i$  y  $L_f$ , representaran la longitud inicial y longitud final.

## Figura 10

*Toma de datos para el porcentaje de elongación*



*Nota.* Película inicial sin elongar (b), elongación de la película (c).  
Autoría propia

## **Porcentaje de humedad**

El contenido de humedad se determinó gravimétricamente se realizó según el método descrito por Jácome (2019). Se cortó cada película en cuadrados de 2 x 2 cm, cada cuadradito obtenido fue colocado en papel aluminio para luego de eso ingresarlas a la estufa a una temperatura de 80 °C, durante el lapso de 8 horas hasta tener un peso constante como se muestra en la figura 11.

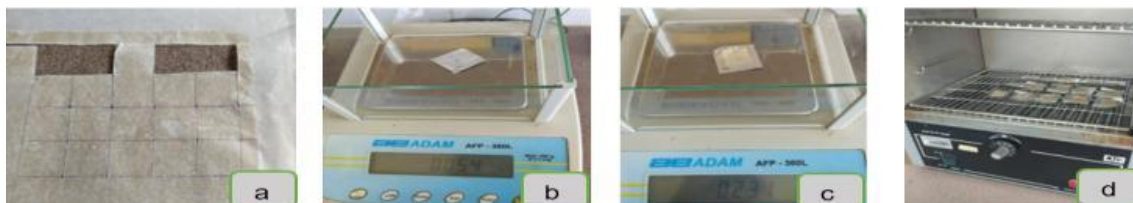
Como datos se tomó el peso inicial y final de la muestra, los resultados se expresarán como porcentaje de humedad contenida en las películas como se indica en la siguiente ecuación. Esto se realizará con cada uno de los tratamientos.

$$\% \text{ humedad} = \frac{W_i - W_f}{W_i} * 100 \quad Ec(2)$$

Donde  $W_i$  y  $W_f$ , representaran el peso inicial y peso final.

## Figura 11

*Proceso para la determinación del porcentaje de humedad*



*Nota.* Cortes de película (a), pesaje del aluminio (b), pesaje de la película (c), secado de películas (d). Autoría propia.



### **Solubilidad en agua.**

La determinación de la solubilidad en agua se realizó según el método descrito por Jácome (2019). Se tomó las películas libres de humedad de 2 x 2 cm y se colocó en recipientes con 50 ml de agua destilada a 22 °C durante 24 horas. La solución se filtró a través de papel filtro para recuperar la muestra restante sin disolver, la cual posteriormente se llevó a la estufa a 90 °C hasta lograr tener un peso constante, como se indica en la Figura 12.

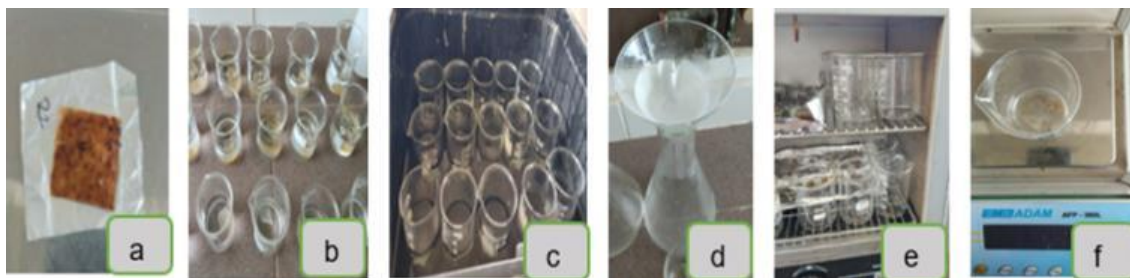
Como datos se tomó el peso inicial de materia seca y final del residuo de la muestra, los resultados se expresarán como porcentaje de solubilidad contenida en las películas como se indica en la siguiente ecuación. Esto se realizará con cada uno de los tratamientos.

$$\% \text{ solubilidad} = \frac{W_i - W_f}{W_i} * 100 \quad Ec(3)$$

Donde  $W_i$  y  $W_f$ , representaran el peso inicial expresado como materia seca y peso final del residuo desecado.

### **Figura 12**

*Proceso empleado para la determinación del porcentaje de solubilidad*



*Nota.* Peso de la muestra (a), solubilidad en agua (b), muestras en baño maría (c), filtrado (d), secado (e), peso final (f). Autoría propia.

### **Biodegradabilidad**

La determinación de biodegradabilidad se realizó según el método descrito por Jácome (2019). Donde se realizó mediante un ensayo de degradación en suelo orgánico natural. Las películas previamente acondicionadas se colocaron a temperatura y humedad ambiental en vasos desechables transparentes. Las películas de 2 x 2 cm se enterraron y se regaron 20 ml

de agua cada dos días esto se realizó durante 25 días. Pasado ese lapso de tiempo se recuperaron, se lavaron con agua destilada y se secaron a 80 °C por 8 horas como se observa en la figura 13.

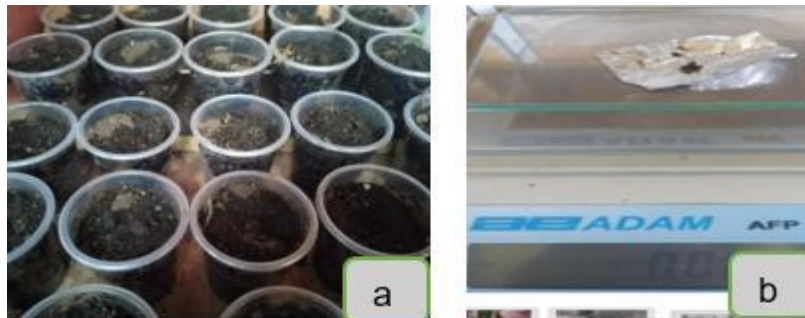
Como datos se tomó el peso inicial y final del residuo seco, los resultados se expresarán como porcentaje de biodegradabilidad como se indica en la siguiente ecuación. Esto se realizará con cada uno de los tratamientos.

$$\% \text{ biodegradabilidad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \quad \text{Ec(4)}$$

Donde  $P_i$  y  $P_f$ , representaran el peso inicial y peso final del residuo desecado.

### Figura 13

*Determinación del porcentaje de biodegradabilidad*



*Nota.* Películas en suelo fértil (a), pesaje de muestra final (b).  
Autoría propia

### Determinación de la calidad del tomate Cherry

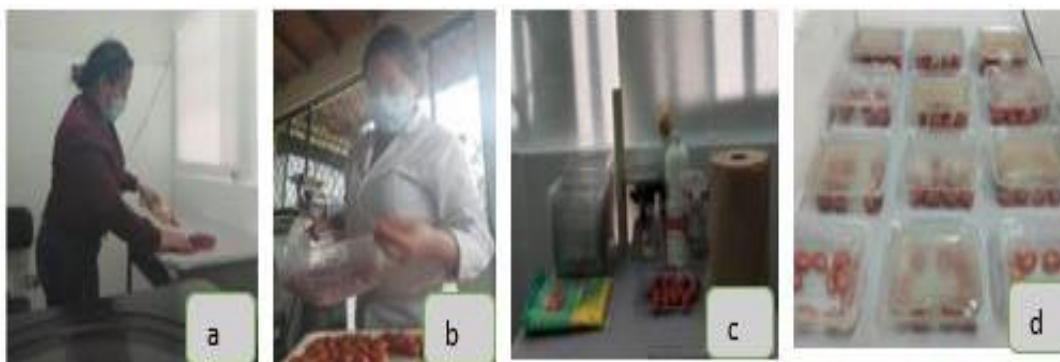
#### **Montaje del Experimento**

Como primer punto se realizó la limpieza y desinfección del área donde permanecerá experimento durante el lapso de 12 días. En cuando a la adquisición de tomates se hizo a un producto del Sector de checa Vía al quinche con un estado de maduración 4. Se selecciono a los frutos buena apariencia física, los mismos que fueron desinfectados con “Kilol” en una mezcla de 2 cucharadas por litro de agua. Los frutos fueron sumergidos en la solución y con la

ayuda de una toallita se los fue secando para retirar todo el exceso de líquido. Una vez listo los tomates se tomó 10 frutos los cuales se fueron pesando hasta llegar a una cantidad aproximada de 100 gr. Seguido de eso cada uno de los tomates fueron enumerados para el análisis de características cualitativas como: Apariencia, Firmeza y color. Estos fueron colocados dentro de tarrinas plásticas previamente desinfectadas a las mismas que se adaptaron con cada una de las películas que sirvan como protección o tapa como se observa en la figura 14.

#### **Figura 14**

*Montaje del experimento para la evaluación de calidad del tomate Cherry almacenados con películas comestibles en comparación al film plástico*



*Nota.* Desinfección del área (a), Selección de tomates Cherry (b), materiales (c), experimento montado (c). Autoría propia.

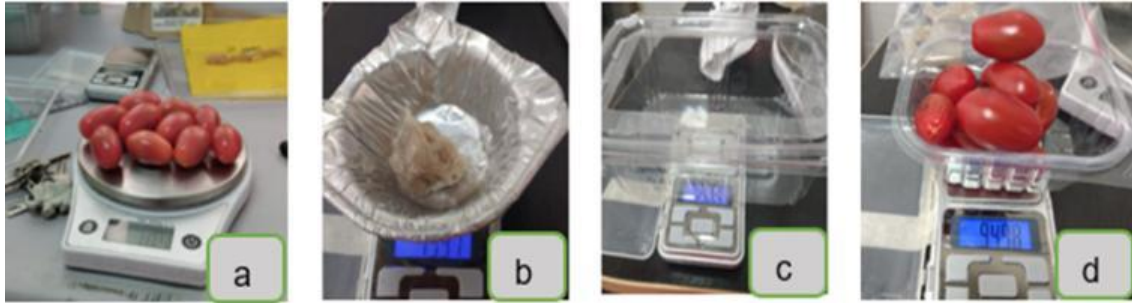
Como datos se tomó el peso de la tarrina, peso de la película, para al final del experimento descartar y así poder evaluar el porcentaje de pérdida de peso.

#### ***Pérdida de peso***

La pérdida de agua se determinó mediante la metodología descrita por García *et al.*, (2022). Donde se pesaron cada una de las muestras que contenían alrededor de 10 tomates con un peso inicial de 100 gramos, cada uno de los pesos se realizó con la ayuda de una balanza de laboratorio, se tomó los datos del peso de la tarrina y peso de la película comestible como se observa en la figura 15.

## Figura 15

Proceso para determinar la pérdida de peso



Nota. Peso inicial (a), peso película (b), peso tarrina (c), peso final (d). Autoría propia.

Los datos se tomaron a los días 0, 2,4,6,8,10,12, para así cuantificar los resultados en porcentaje utilizando la siguiente ecuación. Esto se realizará con cada uno de los tratamientos.

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \quad Ec(5)$$

Donde  $P_i$  y  $P_f$ , representan el peso inicial y peso final de los tomates.

### Acidez titulable y pH

La determinación del pH y acidez titulable se realizó según el método descrito por Morejón & Viznay (2018), donde se pesó 25 gr de tomate los mismos que fueron llevados a un procesador de alimentos con 250 ml de agua destilada, la mismas se filtró con la ayuda del papel filtro. Se tomo 25 ml del filtrado y se colocó en vasos de precipitación para luego añadir fenolftaleína como indicador, la solución de NaOH 0,1 N se fue colocando poco a poco hasta llegar a obtener una coloración rosada y un pH de 8,1 aproximadamente como se observa en la figura 16. La acidez se determinó mediante la siguiente ecuación.

$$A = \frac{(V_1 \times N \times M)}{V_2} * 100 \quad Ec(6)$$

Donde  $V_1$  es ml de NaOH usados para la titulación,  $N$  es la normalidad de la solución de NaOH,  $M$  es el peso miliequivalente del ácido considerado como referencia y  $V_2$  es el volumen de la alícuota tomada.

## Figura 16

### Determinación de acidez titulable



*Nota.* Peso de la muestra (a), aforo con agua destilada (b), trituración de la muestra (c), filtrado (d), adición del hidróxido de sodio (e), medición del pH (f). Autoría propia

Para la determinación del pH se calibro el potenciómetro con agua destilada hasta llegar a tener un pH de 7.0 luego se lavó el electrodo y consiguiente se colocó en la muestra en el vaso de precipitación que contenía la muestra del filtrado. La lectura se realizó directamente una vez que el indicador de pH se estabilice como se observa en la figura 17. Este proceso se realizó por triplicado al inicio y final de cada tratamiento.

## Figura 17

### Determinación del pH



*Nota.* Lectura de pH inicial (a), lectura de pH final. Autoría propia.

### **Sólidos solubles totales (°Brix)**

Para determinar los SST se realizó mediante la metodología reportada por Barrera (2017). Donde se colocó el néctar de las muestras en el prisma del refractómetro limpio y seco como se muestran en la figura 18.

## Figura 18

### Determinación de los Sólidos solubles totales (°Brix)



Nota. Colocación de la muestra(a), lectura en °Brix (b). Autoría propia.

Las lecturas se tomaron de manera directa, el contenido de SST se expresó como porcentaje de la escala de °Brix. Esto se realizó para cada uno de los tratamientos.

### Firmeza

Para determinar la firmeza se empleó el método subjetivo, donde mediante la compresión con los dedos utilizando la escala de Kader y Morris, mediante la metodología citada por (Pilataxi, 2019), que considera nueve puntos desde 1= extra blando a 9= extra duro.

### Tabla 12

#### Escala de Kader y Morris para la determinación de firmeza del fruto de tomate

Escala	Clase	Resistencia a la compresión por los dedos	Interpretación
9	Extraduro	Frutos que no ceden a una considerable presión.	No hay pérdidas de jugo ni semillas cuando son cortadas.
7	Duro	Frutos que ceden solo suavemente a una considerable presión.	No hay pérdidas de jugo ni semillas cuando son cortadas.
5	Firme	Frutos que ceden suavemente a una moderada presión.	Cuando se cortan se pierden unas pocas gotas de jugo y/o semillas.
3	Blando	Frutos que ceden fácilmente a una suave presión.	Pérdida de jugo y/o semillas cuando se cortan.
1	Extra blando	Frutos que ceden muy fácilmente a una suave presión	La mayor parte del jugo y las semillas se pierden cuando se cortan.

Nota. Escala de Kader y Morris. Tomado de, Pilataxi (2019)

## Apariencia

Los tomates fueron evaluados de modo subjetivo (visual) con lo cual se determinará cambios en función de la marchitez, ablandamiento, con el uso de la escala de (Zambrano y Matarreno, 1999) de acuerdo a la metodología citada por Suarez *et al.*, (2009) .

**Tabla 13**

*Descripción de la variable apariencia para cada periodo de evaluación*

Escala	Interpretación
1	No aceptable
2	Moderadamente aceptable
3	Aceptable comercialmente
4	Bueno
5	Excelente

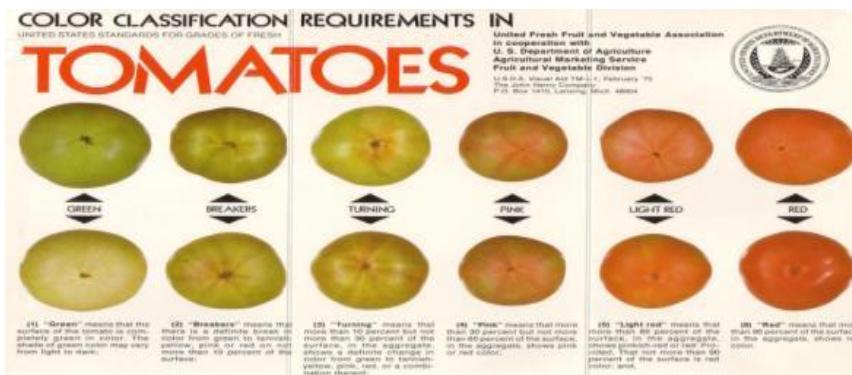
*Nota.* Escala para determinar la apariencia tomado de Suarez *et al.*, (2009)

## Estado de maduración (Color)

Para la determinación del esto de maduración se evaluó de modo subjetivo, mediante la metodología usada por Pilataxi (2019), utilizando una escala de escala de colores de California Tomato Board (USDA, 1975) como se muestra en la figura 19.

**Figura 19**

*Escala de color del tomate Cherry*



*Nota.* Escala para la determinación del estado de maduración obtenido de Massey (2018).

### Vida útil

Se determino mediante la metodología por García *et al.*, (2012), donde se utilizó el modelo linean propuesto por (Labuza 1982) ecuación cinética de primer orden, considerando el 9% de pérdida de peso

$$A = A_0 * e^{-k * t} \quad Ec(6)$$

Donde  $A$  es la calidad del tiempo  $t$ ,  $A_0$  es la calidad del tiempo inicial,  $k$  es la constante de la reacción.

Linealizando la ecuación se tiene

$$\ln A = \ln A_0 - k * t$$

El tiempo de vida útil se podría obtener despejando  $t$

$$t = (\ln A - \ln A_0) / k$$

### Factor de estudio

#### *Tratamientos y formulaciones de películas comestibles*

**Tabla 14**

*Tratamientos empleados para el análisis físico químicos y vida útil en tomate Cherry*

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Formulaciones</b>
T1	R1	Film plástico (control).
	R2	
	R3	
T2	R1	6% almidón de camote modificado + 0% de albedo cítrico + 10% glicerina + 0,1% goma + 83, 5% agua
	R2	
	R3	
T3	R1	6% almidón de camote modificado + 0.5% de albedo cítrico + 10% glicerina + 0,1% goma + 83, % agua
	R2	
	R3	
T4	R1	6% almidón de camote modificado + 1.0% de albedo cítrico + 10% glicerina + 0,1% goma + 82, 5% agua
	R2	
	R3	

*Nota.* Autoría propia.



## **Periodo de almacenamiento**

Los frutos de tomate Cherry var. Cerasiforme x híbrido sweet heaven, fueron almacenados a temperatura ambiente ( $15 \pm 1$  °C) durante 12 días, en la misma que se analizaron variables físico – químicas y vida útil.

## **Diseño Estadístico**

En la presente investigación se aplicó un Diseño Experimental Completamente al Azar (DECA), el mismo que constó de cuatro tratamientos, tres repeticiones, resultando un total de 12 unidades experimentales, cada unidad experimental estaba integrada de 10 tomates con pesos iniciales 100 gramos.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) donde se verificó los supuestos de normalidad analizando los residuos mediante la prueba de Shapiro – Wilks y homocedasticidad con los residuos absolutos mediante la prueba de Leven para validar el modelo, esto se realizó para cada una de las variables cuantitativas

Para los análisis variables cualitativas se aplicó la estadística de tablas de contingencia, estadísticos para la tabla marginal con un nivel de significación de  $\alpha = 0.05$

## **Análisis estadístico**

### ***Modelo matemático***

Modelo del diseño experimental aplicable a un solo factor.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = variable de respuesta de la ij-ésima tratamiento.

$\mu$  = media general para los tratamientos.

$\tau_j$  = efectos del k-ésimo tratamiento.

$\varepsilon_{ij}$  = error experimental

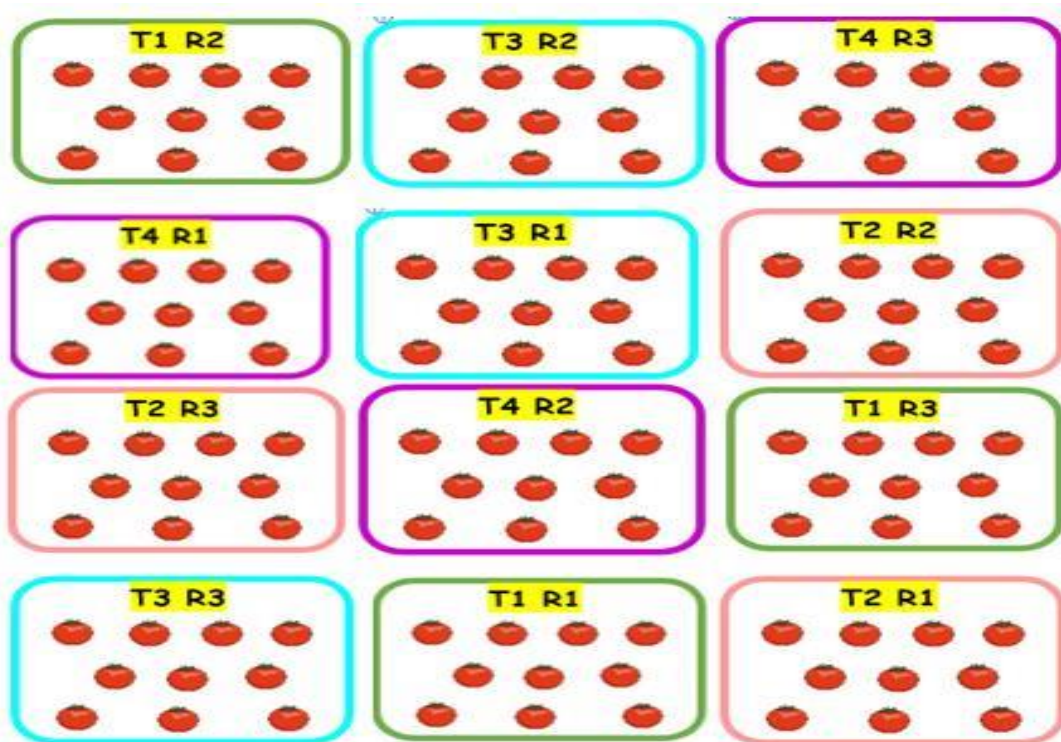
## Análisis funcional

Para la identificación de las diferencias de medias entre los distintos tratamientos del estudio, se aplicaron las pruebas de comparaciones de Duncan a un nivel de significancia del 5 % ( $\alpha = 0.05$ ), Kruskal Wallis a un nivel de significancia de 1% ( $\alpha = 0.01$ ), según correspondan a las necesidades de cada esquema de análisis.

## Croquis experimental

Figura 20

*Distribución y establecimiento del proyecto a temperatura ambiente*



*Nota.* Distribución de los diferentes tratamientos más las repeticiones en un diseño (DECA), donde T1 = Film plástico (control), T2 = 6% almidón de camote modificado + 0% de albedo cítrico + 10% glicerina + 0,1% goma + 83, 5% agua, T3 = 6% almidón de camote modificado + 0.5% de albedo cítrico + 10% glicerina + 0,1% goma + 83, % agua, T4 = 6% almidón de camote modificado + 1.0% de albedo cítrico + 10% glicerina + 0,1% goma + 82, 5% agua.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **Formulación de películas comestibles con 3 niveles diferentes de albedo cítrico deshidratado.**

La investigación tenía como eje central evaluar el efecto de películas comestibles sobre la vida útil del tomate Cherry frente al film plástico almacenadas en condiciones ambientales. Para la cual se recepto materia prima de buena calidad para extraer el albedo cítrico de toronja (figura 6), donde se 2000 g se obtuvo un rendimiento del 85%, en cuanto a la extracción de almidón de camote (figura 5), se obtuvo un rendimiento del 15 %, de acuerdo a lo reportado por Parra (2019) en su investigación, donde realizo la extracción de almidón de camote obtuvo un rendimiento del 14,8% obteniendo un valor casi similar al presente estudio, el almidón obtenido fue modificado mediante el proceso de liofilización.

El trabajo consistió en formular mezclas para la elaboración de películas, para obtener la mezcla más viable para la elaboración de la misma (Tabla 7). Donde se pudo evidenciar que al adicionar albedo en concentraciones superiores al 1.5 % en la formulación de película, estas se hicieron más débiles ocasionando que las películas presentaran roturas, perdiendo su estructura y permeabilidad, por lo que se escogieron solo porcentajes menos del 1% de albedo cítrico de toronja.

#### **Caracterización de películas comestibles, su funcionalidad como barrera, biodegradabilidad y resistencia mecánica.**

Se evaluaron cinco variables para el análisis de funcionalidad, biodegradabilidad y resistencia mecánica. Se realizo una base de datos en Excel de cada variable para disponer de información precisa para el posterior análisis estadístico con el paquete Infostat.

**Tabla 15**

*Propiedades físicas de películas comestibles de almidón de camote con porcentajes diferentes de albedo cítrico*

Películas	Variables Físicas				
	Espesor	Elongación	Humedad	Solubilidad	Biodegradabilidad
Albedo 0	0,26	47,83	43,25	51,22	94,56
5Albedo 0	0,24	42,86	45,13	55,06	95,27
Albedo 0	0,22	42,86	42,80	60,42	93,44
Albedo 0	0,26	50,00	44,16	78,86	94,49
Albedo 0	0,21	50,00	41,55	61,62	94,03
Albedo 0	0,23	52,00	46,03	62,50	95,76
Albedo 0	0,22	52,00	43,98	60,61	93,94
Albedo 0	0,22	45,45	40,07	40,58	94,09
Albedo 0	0,23	45,45	41,45	65,52	93,66
Albedo 0	0,25	45,45	39,84	57,95	92,83
Albedo 0	0,24	40,00	36,94	48,24	93,72
Albedo 0	0,22	45,45	50,82	55,30	93,18
Albedo 0	0,26	50,00	35,92	54,02	92,49
Albedo 0	0,24	47,83	35,09	62,68	93,02
Albedo 0	0,23	45,45	32,44	61,54	95,04
Albedo 0.5	0,33	40,00	52,44	57,23	92,95
Albedo 0.5	0,31	45,45	50,57	61,50	94,80
Albedo 0.5	0,35	45,45	55,15	58,99	91,54
Albedo 0.5	0,31	52,00	54,25	57,74	94,41
Albedo 0.5	0,34	50,00	53,22	65,23	94,14
Albedo 0.5	0,30	45,45	52,76	77,89	94,31
Albedo 0.5	0,31	40,00	51,07	66,44	91,51
Albedo 0.5	0,30	45,45	50,00	59,47	92,63
Albedo 0.5	0,31	33,33	55,22	63,25	92,86
Albedo 0.5	0,32	25,00	54,25	74,25	91,78
Albedo 0.5	0,33	40,00	47,25	61,27	92,44
Albedo 0.5	0,32	40,00	50,35	55,25	92,53
Albedo 0.5	0,33	33,33	53,19	47,23	94,00
Albedo 0.5	0,33	40,00	49,15	49,97	91,95
Albedo 0.5	0,34	36,84	40,61	56,89	94,92
Albedo 1.0	0,42	25,00	63,23	64,94	91,23

<b>Películas</b>	<b>Espesor</b>	<b>Elongación</b>	<b>Humedad</b>	<b>Solubilidad</b>	<b>Biodegradabilidad</b>
Albedo 1.0	0,40	25,00	59,17	75,00	91,28
Albedo 1.0	0,41	40,00	58,08	70,75	90,60
Albedo 1.0	0,33	33,33	55,76	58,91	91,62
Albedo 1.0	0,27	40,00	55,80	71,09	89,86
Albedo 1.0	0,42	25,00	60,89	68,38	93,10
Albedo 1.0	0,37	33,33	56,58	79,87	92,27
Albedo 1.0	0,30	33,33	63,68	77,11	90,95
Albedo 1.0	0,44	25,00	58,57	62,73	95,42
Albedo 1.0	0,32	36,84	58,69	61,49	92,41
Albedo 1.0	0,40	20,00	61,71	89,35	89,12
Albedo 1.0	0,39	33,33	57,83	68,67	91,37
Albedo 1.0	0,34	36,84	61,67	83,52	91,94
Albedo 1.0	0,40	40,00	53,75	88,65	94,23
Albedo 1.0	0,44	33,33	60,09	78,71	93,72

*Nota.* Tabla resumen de los datos tomados para la caracterización de películas comestibles.

### ***Espesor (mm)***

El espesor es una característica importante para las películas, debido a que afecta las propiedades de barrera, además de la permeabilidad de otros gases.

### **Tabla 16**

*Medias  $\pm$  desviación estándar del espesor de películas de almidón de camote en porcentajes diferentes de albedo cítrico.*

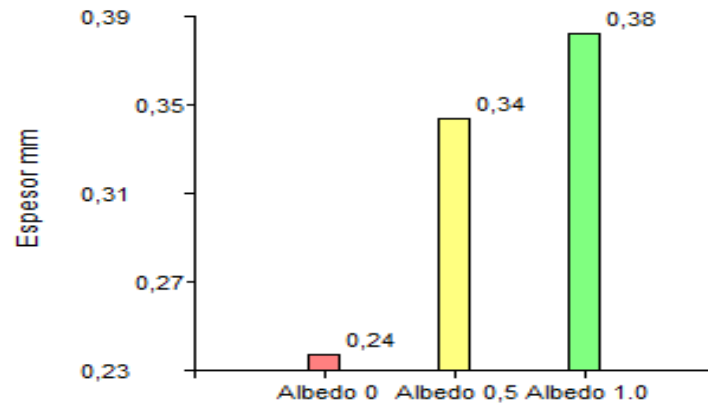
<b>Película</b>	<b>Espesor (mm)</b>
Albedo 1.0	0,38 $\pm$ 0,02 a
Albedo 0.5	0,34 $\pm$ 0,02 b
Albedo 0	0,24 $\pm$ 0,04 c

*Nota.* Medias y desviación estándar n=15. Medidas en cada columna con diferente letra presentan diferencias significativas  $p > 0.05$  por test de Duncan.

A partir del análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 % se concluye que existen diferencias significativas con un ( $F_{(2,42)} = 99,52$ ;  $p < 0.0001$ ) para cada formulación como se detalla en la Tabla 16.

## Figura 21

*Espesor evaluado para cada formulación de almidón de camote con albedo cítrico*



*Nota.* La figura representa los espesores obtenidos de la formulación de películas comestibles a base de almidón de camote modificado con diferentes concentraciones de albedo cítrico.

En la figura 21 se visualiza el espesor en milímetros. Según lo reportado por Parra (2019), en biofilms de camote tuvo espesores de 0.16 a 0.24 mm, los mismos que se encuentra dentro de los valores mencionados. Sin embargo, al incorporar albedo según lo reportado por Chariguamán (2015), obtuvo valores de 0.19 a 0.45 mm de grosor.

La adición de albedo cítrico influye en el aumento del espesor debido a que las partículas tienen la capacidad de retención de agua, por lo tanto, es un gran espesante, gelificante y emulsificante, Burgos & Burgos (2022). Por lo tanto, como mejor resultado en la presente investigación es para albedo al 1 % con 0,38 mm de grosor.

### **Porcentaje de elongación**

Es la capacidad de materiales para alargarse cuando se ven sometidos a un esfuerzo de tracción en sus extremos, este ofrece mayor resistencia a la perforación y sirve para repartir el esfuerzo ejercido en un punto, Garde (2015).

**Tabla 17**

*Medias  $\pm$  desviación estándar del porcentaje de elongación de películas a base almidón de camote con diferentes concentraciones de albedo cítrico.*

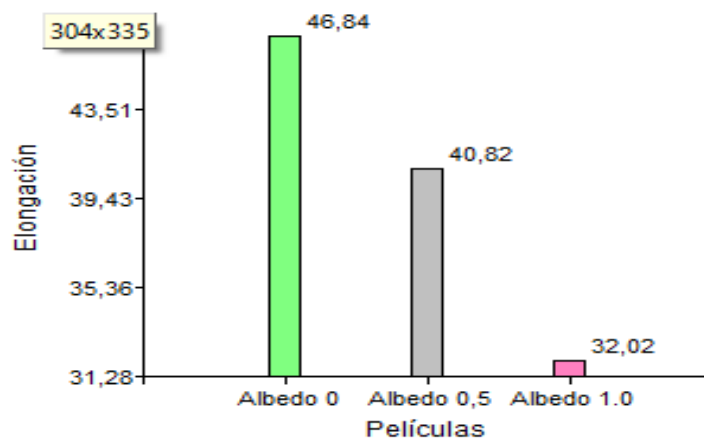
<b>Película</b>	<b>Elongación (%)</b>
Albedo 0	46,84 $\pm$ 3,52 a
Albedo 0.5	40,82 $\pm$ 6,95 b
Albedo 1	32,02 $\pm$ 6,48 c

*Nota.* Medias y desviación estándar n=15. Medidas en cada columna con diferente letra presentan diferencias significativas  $p > 0.05$  por test de Duncan

A partir del análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 % se concluye que existen diferencias significativas con un ( $F_{(2,42)} = 2,46$ ;  $p < 0.0001$ ) para cada formulación como se detalla en la Tabla 17.

**Figura 22**

*Porcentaje de elongación evaluado para cada formulación de almidón de camote con diferente concentración de albedo cítrico.*



*Nota:* La figura representa los porcentajes de elongación obtenidos de la formulación de películas comestibles a base de almidón de camote modificado con diferentes concentraciones de albedo cítrico.

En el presente estudio ver (figura 22), se determina que el mayor porcentaje de elongación es para la película formulada sin adición de albedo, lo que se encuentra con lo reportado por Contreras (2021), en su estudio de elaboración de películas a partir de almidón acetilado de camote morado, donde obtuvo resultados del 37,74% hasta 95,41 % de elongación. Debido a que la formulación de película con plastificante y goma en este caso, ofreciendo un esfuerzo de tracción y mayor porcentaje de elongación, Barreda (2016).

### **Contenido de humedad (%)**

El contenido de humedad en las películas puede asociarse a la gran proporción de componentes hidrofílicos a parte del almidón como proteínas, fibras presentes en la harina de los cítricos.

**Tabla 18**

*Medias  $\pm$  desviación estándar del contenido de humedad de películas a base almidón de camote con diferentes concentraciones de Albedo cítrico*

<b>Película</b>	<b>Humedad (%)</b>
Albedo 1	59,03 $\pm$ 2,87 a
Albedo 0.5	51,30 $\pm$ 3,75 b
Albedo 0	41,30 $\pm$ 4,76 c

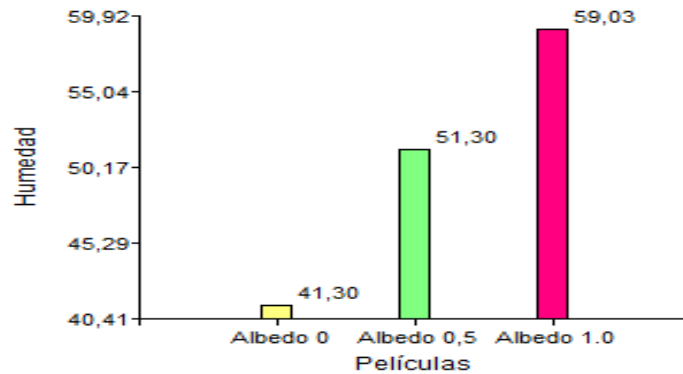
*Nota.* Medias y desviación estándar n=15. Medidas en cada columna con diferente letra presentan diferencias significativas p > 0.05 por test de Duncan.

A partir del análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 % se concluye que existen diferencias significativas con un ( $F_{(2,42)} = 79,03$ ;  $p < 0.0001$ ) para cada formulación como se detalla en la Tabla 18.



### Figura 23

Porcentaje de humedad evaluado para cada formulación de almidón de camote con diferente concentración de albedo cítrico.



*Nota.* La figura representa los porcentajes de humedad obtenidos de la formulación de películas comestibles a base de almidón de camote modificado con diferentes concentraciones de albedo cítrico

De acuerdo a los resultados arrojados ver (figura 23) se pudo evidenciar que en la formulación de película para albedo 1.0 % presento un contenido de humedad del 59,03 %. De acuerdo al estudio realizado por Parra (2019) como resultado en la formulación de biofilms de camote con glicerina en concentraciones diferentes obtuvo porcentajes del 17,76% hasta 37,87%. Sin embargo, en este estudio realizado presento altos contenidos de humedad debido a la adición de ciertos componentes como es el albedo cítrico que está compuesta por fibras como celulosa que tienen la capacidad de retener humedad y goma xantana que son componentes hidrofílicos, que pueden aumentar el número de interacciones moleculares con el agua e inducen a la formación de una estructura más porosa que aumenta la retención de la misma, Barreda (2016).

#### ***Solubilidad en agua (%)***

La solubilidad de la película es un factor importante que determina su biodegradabilidad cuando se utiliza como un medio para proteger los alimentos. Un valor de solubilidad bajo en

películas biodegradables es benéfico puesto que no sufrirá un deterioro significativo al contacto con la humedad.

**Tabla 19**

*Medias  $\pm$  desviación estándar del porcentaje de solubilidad de películas a base almidón de camote con diferentes concentraciones de Albedo cítrico.*

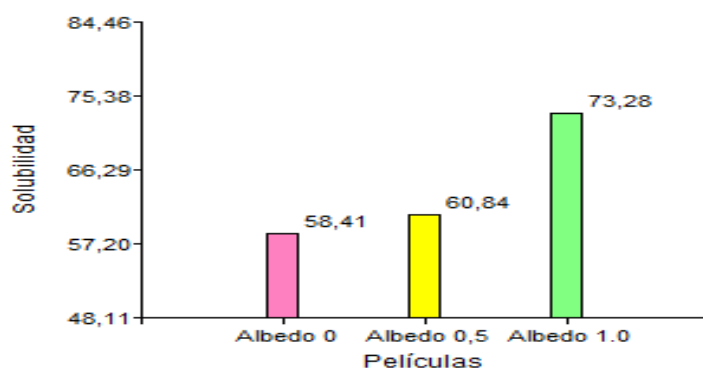
<b>Película</b>	<b>Solubilidad (%)</b>
Albedo 1	73,28 $\pm$ 9,53 a
Albedo 0.5	60,84 $\pm$ 8,04 b
Albedo 0	58,41 $\pm$ 8,64 b

*Nota.* Medias y desviación estándar n=15. Medidas en cada columna con diferente letra presentan diferencias significativas p > 0.05 por test de Duncan.

A partir del análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 % se concluye que existen diferencias significativas con un ( $F_{(2,42)} = 12,43$ ;  $p < 0.0001$ ) para la formulación de Albedo 1.0 en comparación con Albedo 0% y 0.5% que nos presentan diferencias significativas como se detalla en la Tabla 19.

**Figura 24**

*Porcentaje de solubilidad evaluado para cada formulación de almidón de camote con diferente concentración de albedo cítrico*



*Nota:* La figura representa los porcentajes de solubilidad obtenidos de la formulación de películas comestibles a base de almidón de camote modificado con diferentes concentraciones de albedo cítrico.

A partir de los resultados obtenidos ver (figura 24) se puede observar que un mayor contenido de solubilidad es para albedo 1.0%, debido a que la solubilidad de las películas comestibles aumenta a medida que en su composición tiene mayor cantidad de un polímero. Sin embargo, para contrarrestar la pérdida de agua en los frutos se busca que las películas comestibles tengan valores mínimos de solubilidad, Díaz (2019), en el presente estudio con menor solubilidad se observó para películas comestible de camote en combinación de sin albedo con el 58,41% y 0,5% de albedo con 60,84%. Estos rangos se encuentran dentro de lo reportado por Chariguamán (2015) donde obtuvo datos del 39,88% hasta un 59,76% en efecto de la combinación de almidón de maíz/yuca, glicerol y harina de albedo de maracuyá.

### **Biodegradabilidad**

La biodegradación se define al cambio en las propiedades de superficie o la pérdida de resistencia mecánica, asimilación por los microorganismos, degradación por enzimas, y la rotura de las cadenas principales y posterior a la reducción del peso molecular promedio del polímero, Oropeza *et al.*, (2016) .

**Tabla 20**

*Medias  $\pm$  desviación estándar del porcentaje de biodegradabilidad de películas a base almidón de camote con diferentes concentraciones de Albedo cítrico*

<b>Película</b>	<b>Biodegradabilidad (%)</b>
Albedo 0	93,97 $\pm$ 0,93 a
Albedo 0.5	93,12 $\pm$ 1,21 a
Albedo 1	91,94 $\pm$ 1,66 b

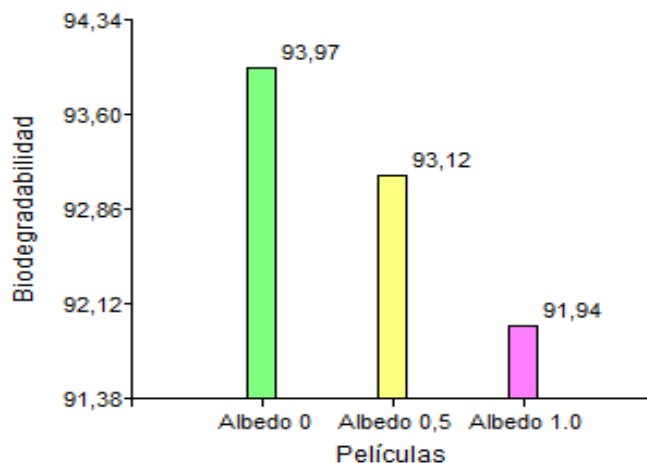
*Nota.* Medias y desviación estándar n=15. Medidas en cada columna con diferente letra presentan diferencias significativas p > 0.05 por test de Duncan.

Mediante el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 % se concluye que existen diferencias significativas con un ( $F_{(2,42)} = 9,18; p < 0.0001$ ) para la

formulación de Albedo 1.0 en comparación con Albedo 0% y 0.5% que nos presentan diferencias significativas como se detalla en la Tabla 20.

### Figura 25

*Porcentaje de biodegradabilidad evaluado para cada formulación de almidón de camote con diferente concentración de albedo cítrico*



*Nota:* La figura representa los porcentajes de biodegradabilidad obtenidos de la formulación de películas comestibles a base de almidón de camote modificado con diferentes concentraciones de albedo cítrico.

Mediante los resultados obtenidos en la presente investigación ver (figura 25) se pudo observar que para la formulación de películas de almidón de camote sin la adición de albedo presentó un 93,97% seguido de la formulación con albedo al 0.5 % presento un valor de 93,12% de biodegradabilidad donde se evidencio una fragilidad al momento de extraer las películas que se encontraban dentro de la tierra fértil. Según en el experimentó realizado por Jácome (2019) de bolsas biodegradables de cáscara de banano con aceites esenciales de palo santo obtuvo valores de 91,97 % hasta un 98,31% degradadas a los 28 días. Los altos porcentajes de biodegradabilidad se deben al uso de celulosas, gomas y polímeros que su función es dar consistencia y biodegradabilidad según lo menciona, Ulusoy *et al.*, (2018).

**Efecto de las películas comestibles formuladas sobre la vida útil de tomate Cherry almacenado durante 12 días a condiciones ambiente.**

**Tabla 21**

*Datos de variables físicas y químicas del Tomate Cherry*

Tratamientos	Pérdida de peso (%)	pH	Acidez titulable (%)	Sólidos solubles totales (°Brix)
<b>Condiciones iniciales</b>				
T1	0	4,44 ± 0,04	0,10 ± 0,01	5,50 ± 0,26
T2	0	4,44 ± 0,04	0,10 ± 0,01	5,50 ± 0,26
T3	0	4,44 ± 0,04	0,10 ± 0,01	5,50 ± 0,26
T4	0	4,44 ± 0,04	0,10 ± 0,01	5,50 ± 0,26

*Nota.* Medias ± desviación estándar n=15, de las variables evaluadas al día 0.

***Pérdida de peso (%)***

La pérdida de agua es una causa principal del deterioro ya ocasiona pérdidas de apariencia tales como marchitamiento, deshidratación y pérdida de la calidad de textura conocida como el ablandamiento lo que causa una pérdida de peso en los frutos, Sandoval (2014).

**Tabla 22**

*Medias ± desviación estándar de la pérdida de peso del tomate Cherry evaluadas a los 12 días a temperatura ambiente*

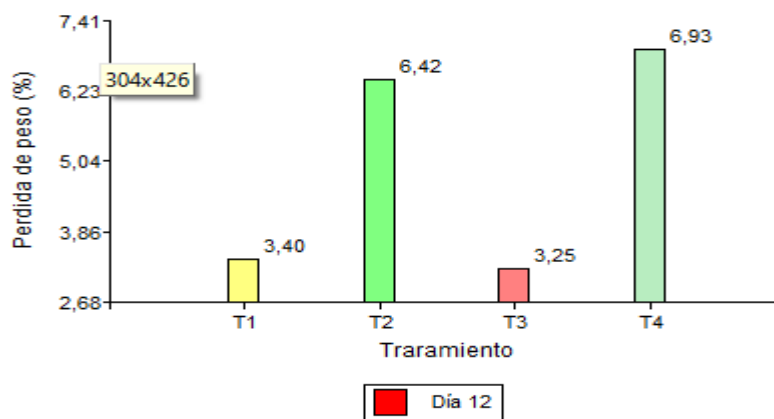
Tratamientos	Pérdida de peso (%)					
	Día 2	Día 4	Día 6	Día 8	Día 10	Día 12
T1	0,27 ± 0,16 ab	0,37 ± 0,16 ab	1,17 ± 0,69 a	1,67 ± 1,00 a	2,17 ± 0,78 a	3,40 ± 0,07 a
T2	0,10 ± 0,11 a	0,26 ± 0,15 a	1,80 ± 1,09 a	3,06 ± 0,56 ab	3,93 ± 0,70 ab	6,42 ± 1,35 b
T3	0,24 ± 0,21 ab	0,45 ± 0,39 ab	1,15 ± 0,82 a	2,41 ± 1,07 b	3,14 ± 2,07 ab	3,25 ± 0,06 a
T4	0,59 ± 0,29 b	0,76 ± 0,19 a	1,56 ± 0,23 a	3,66 ± 0,73 ab	5,83 ± 1,05 b	6,93 ± 0,37 b

*Nota.* Medias ± desviación estándar n=3. Medidas en cada columna con diferente letra presentan diferencias significativas p > 0.05 por test de Duncan.

Mediante el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 % se concluye que existen diferencias significativas con un ( $F_{(3,8)} = 17,20$ ;  $p = 0.0008$ ) para los tratamientos T1 (film plástico) y T3 (Almidón de camote + albedo 0.5%) en comparación al tratamiento T2 (Almidón de camote + albedo 0%) y T4 (Almidón de camote + albedo 1.0%) como se detalla en la tabla 22.

### Figura 26

Porcentaje de pérdida de peso del tomate Cherry almacenados durante 12 días a temperatura ambiente



*Nota:* La figura representa los porcentajes de pérdida de peso almacenados con películas comestibles a base de almidón de camote modificado con diferentes concentraciones de albedo cítrico, frente al film plástico.

De acuerdo al estudio realizado ver (figura 26) se puede evidenciar que el menor porcentaje de pérdida de peso en tomate Cherry variedad “Sweet Heaven” almacenado al día 12 se encuentran en el tratamiento T3 (Almidón modificado de camote + albedo 0.5%) con el 3,25% en comparación a los demás tratamientos. Galietta *et al.*, (2005) en su estudio de la vida útil del tomate usando una película de proteína de suero de leche reporto una pérdida de peso del 2,39% - 5,25%. De acuerdo a lo reportado por López *et al.*, (2015) en su estudio sobre el uso de biopelículas sobre la calidad de postcosecha de tomate Cherry variedad cerasiforme almacenadas a dos temperaturas (5-20°C), obtuvo el 3,31% - 9,91%, donde determina que al

usar películas comestibles puede ser una alternativa viable como empaque amigable con el ambiente sin que afecte las características fisicoquímicas de los frutos de tomate.

### **Acidez titulable (%)**

La acidez titulable es un parámetro que disminuye dependiendo del estado de madurez del fruto (verde-inmaduro al rojo maduro) y se encuentra relacionado con el tiempo de almacenamiento, pues se argumenta que la acidez decrece con la evolución de la madurez del fruto, ya que los ácidos orgánicos presentes en el fruto son utilizados como sustrato en el proceso de respiración, Pilataxi (2019).

### **Tabla 23**

*Medias  $\pm$  desviación estándar de la acidez titulable del tomate Cherry evaluados a los 12 días a temperatura ambiente*

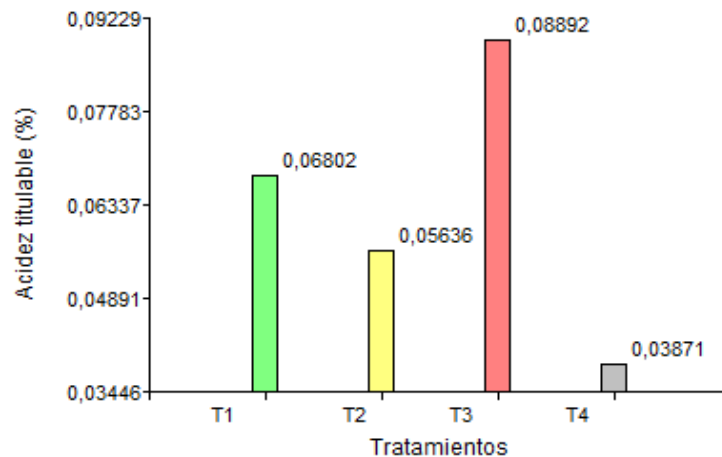
<b>Tratamientos</b>	<b>Acidez titulable (%)</b>
T1	0,07 $\pm$ 0,01 b
T2	0,06 $\pm$ 0,01 c
T3	0,09 $\pm$ 4,3 E <sup>-03</sup> a
T4	0,04 $\pm$ 4,9 E <sup>-03</sup> d

*Nota.* Medias  $\pm$  desviación estándar n=9. Medidas en cada columna con diferente letra presentan diferencias significativas  $p > 0.05$  por test de Duncan.

Mediante el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 % se concluye que existen diferencias significativas con un ( $F_{(3,30)} = 166,64$ ;  $p < 0.0001$ ) para los distintos tratamientos T1(film plástico), T2(Almidón de camote + albedo 0%), T3(Almidón de camote + albedo 0.5%) y T4 (Almidón de camote + albedo 1.0%) como se detalla en la tabla 23.

## Figura 27

Porcentaje de acidez titulable del tomate Cherry almacenados evaluados a los 12 días a temperatura ambiente.



*Nota.* La figura representa los porcentajes de acidez titulable evaluados a los 12 días de almacenamiento con películas comestibles a base de almidón de camote modificado con diferentes concentraciones de albedo cítrico, frente al film plástico.

De acuerdo a los porcentajes de acidez obtenidos en el presente estudio ver (figura 27) se puede apreciar que el nivel de acidez titulable es más alto para el tratamiento T3 ya que tuvo un efecto significativo en comparación a la acidez tomada inicialmente como se detalla en la tabla 16. Mediante al estudio realizado por Barrera (2017), en el recubrimiento de tomate Cherry con Acetato de vinilo-alcohol vinílico a diferentes pH, obtuvo valores de 0,0462 al día 10 y al día 15 de 0,0384% de acidez titulable donde menciona que tuvo un comportamiento decreciente. López *et al.*, (2015) en su estudio reportó que los niveles de acidez del día 0 hasta el día 12 disminuyeron con respecto al tiempo, donde mencionan que lo ocurrido es por el estado de maduración del tomate Cherry. Sin embargo, con lo mencionado por Gil (2010), determina que la acidez titulable disminuye cuando el tiempo de almacenamiento avanza



debido a la transformación de componentes del fruto como son proteínas, carbohidratos, vitaminas, ácidos orgánicos.

### **pH**

La tendencia de pH aumenta conforme transcurre el tiempo, en una relación directamente proporcional, la modificación del contenido de ácidos orgánicos presentes en la fruta es de gran importancia a nivel bioquímico ya que el pH acondiciona la actividad de un gran número de enzimas responsables en los sucesos de la maduración “ablandamiento, color entre otros, Sandoval (2014).

#### **Tabla 24**

*Medias  $\pm$  desviación estándar del pH del tomate Cherry evaluadas a los 12 días a temperatura ambiente*

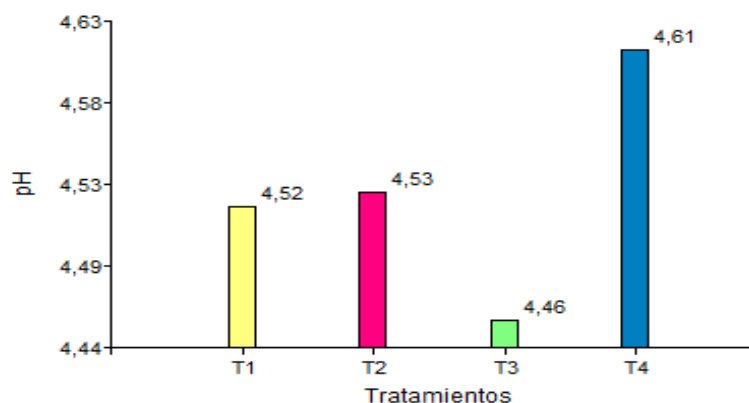
<b>Tratamientos</b>	<b>pH</b>
T1	4,52 $\pm$ 0,03 b
T2	4,53 $\pm$ 0,03 b
T3	4,46 $\pm$ 0,02 a
T4	4,60 $\pm$ 0,04 c

*Nota.* Medias  $\pm$  desviación estándar n=9. Medidas en cada columna con diferente letra presentan diferencias significativas  $p > 0.05$  por test de Duncan.

Mediante el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95 % se concluye que existen diferencias significativas con un ( $F_{(3,29)} = 55,07$ ;  $p < 0.0001$ ) para los tratamientos T3(Almidón de camote + albedo 0.5%) y T4 (Almidón de camote + albedo 1.0%) como se detalla en la tabla 24.

## Figura 28

*pH* evaluado en tomate Cherry durante 12 días a temperatura ambiente.



*Nota:* La figura representa el pH de tomates almacenados con películas comestibles a base de almidón de camote modificado con diferentes concentraciones de albedo cítrico, frente al film plástico.

En el presente estudio ver (figura 28), la maduración más alta se presentó para en tratamiento T4 (almidón de camote modificado + albedo 1.0) donde se obtuvo un aumento de pH en comparación a los datos obtenidos inicialmente ver (tabla 16). Sin embargo, para el tratamiento T3 (almidón de camote modificado + albedo 0.5%) presentó un incremento de pH menor. Según lo reportado por Pilataxi (2019), en su estudio de recubrimientos con almidón de yuca almacenados a temperatura ambiente al día 10 obtuvieron valores de pH de 4,44 y al día 15 de 4,94. Lo que determinaron que este parámetro incrementa proporcionalmente al estado de maduración y al tiempo de almacenamiento. En cuanto a lo mencionado por Navarro *et al.*, (2012), reporta que los tomates en fresco deben tener un pH entre 4,17 a 4,59 los mismos que se encuentran similares a los valores registrados en el presente estudio.

### **Sólidos solubles totales (°Brix)**

Los contenidos sólidos solubles totales son un indicador del contenido de azúcares, constituyendo el criterio al índice de calidad en la maduración de los frutos, ya que manifiesta la conversión del almidón en azúcares simples, Pilataxi (2019).

**Tabla 25**

*Medias  $\pm$  desviación estándar del pH del tomate Cherry evaluadas a los 12 días a temperatura ambiente*

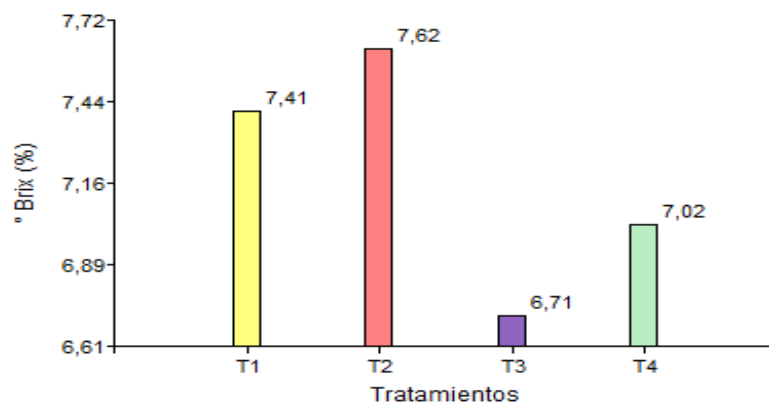
Tratamientos	°Brix
T1	7,41 $\pm$ 0,51 bc
T2	7,62 $\pm$ 0,14 c
T3	6,71 $\pm$ 0,15 a
T4	7,02 $\pm$ 0,13 ab

*Nota:* Medias  $\pm$  desviación estándar n=9. Medidas en cada columna con diferente letra presentan diferencias significativas  $p > 0.05$  por test de Kruskal Wallis.

Mediante el análisis de varianza no paramétrico con un nivel de confianza del 99 % se concluye que existen diferencias significativas con un ( $p= 0.0001$ ) para los distintos tratamientos T2(Almidón de camote + albedo 0%), T3(Almidón de camote + albedo 0.5 como se detalla en la tabla 19.

**Figura 29**

*Sólidos solubles totales (°Brix %) evaluado en tomate Cherry durante 12 días a temperatura ambiente*



*Nota:* La figura representa los °Brix de tomates almacenados con películas comestibles a base de almidón de camote modificado con diferentes concentraciones de albedo cítrico, frente al film plástico.

Se puede evidenciar en el presente estudio ver (figura 29) que los contenidos de °Brix incremento en relación al dato inicial ver (tabla 16) con mayor porcentaje para el tratamiento T2 (almidón modificado de camote sin albedo) y menor porcentaje para el tratamiento T3 (almidón modificado de camote + albedo 0.5%). Para lo cual, Suarez *et al.*, (2009) determina que los valores con altos sólidos solubles totales se encuentran para los estados de madurez más pintones debido al incremento de los azúcares durante el desarrollo de maduración.

Alarcón (2013), determina que la mayoría de variedades de tomate Cherry contienen un porcentaje de sólidos solubles totales entre 4,4 a 7,5 °Brix lo que se encuentra dentro de los datos arrojados en el presente estudio para los tratamientos T3 (almidón modificado de camote + albedo 0.5%), T4 (almidón modificado de camote + albedo 1%), T1 (Film plástico).

### **Análisis de variables cualitativas**

#### ***Firmeza***

La firmeza es un parámetros físico-químicos que mejor se relaciona con el estado de maduración de la fruta, esto resulta imprescindible para la aceptación del fruto para comercialización. Los cambios en la firmeza en frutas cambian debido a la hidrólisis de los almidones y de las pectinas, por la reducción de su contenido de fibra y por los procesos degradativos de las paredes celulares, Agricultores (2017).

**Tabla 26**

*Frecuencias absolutas – Firmeza*

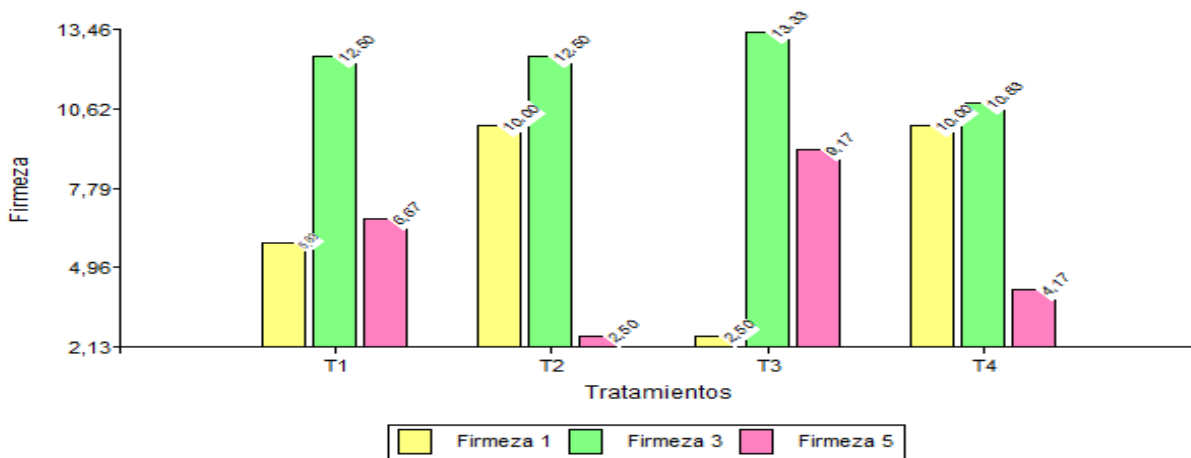
Tratamientos	Firmeza			Total
	1	3	5	
T1	7	15	8	30
T2	12	15	3	30
T3	3	16	11	30
T4	12	13	5	30
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>59</b>	<b>27</b>	<b>120</b>

*Nota:* Tabla de frecuencias absolutas con un nivel de significancia  $p=0,05$ , evaluadas para la variable firmeza en tomate Cherry al día 12 almacenados a temperatura ambiente.

De acuerdo al análisis de tabla de contingencia se puede observar que existe una asociación significativa entre la firmeza con respecto al tipo de película, con un valor ( $p= 0,05$ ) del estadístico Chi cuadrado de Pearson, de igual manera su coeficiente de contingencia es  $> 0$  lo que determina que las variables están relacionadas entre sí ver (Tabla 20).

**Figura 30**

*Frecuencias relativas al total (expresada como porcentajes)*



*Nota:* Figura de frecuencias relativas de la variable firmeza en tomates almacenados con películas comestibles a base de almidón de camote modificado con diferentes concentraciones de albedo cítrico, frente al film plástico.

De acuerdo a los resultados generados en el presente estudio ver (figura 30), se puede evidenciar que hay un mayor porcentaje de firmeza en escala 1 para el Tratamiento T2 (almidón modificado de camote sin adición de albedo) y Tratamiento T4 (almidón modificado de camote + 1.0% de albedo) que según la escala de Kader y Morris citada por Pilataxi (2019), son frutos extra blandos que ceden fácilmente a una moderada presión, dando paso a un ablandamiento y disminución de resistencia. Por lo contrario, con un mayor porcentaje de firmeza en escala 5 es para el tratamiento T3 (almidón modificado de camote + 0.5 % de albedo) son frutos firmes que ceden suavemente a una moderada presión.

En cuanto a lo reportado por Flores (2016), en su estudio determinó que los frutos conservados en distintos tratamientos recubiertos por quitinosa evidencio que la muestra

control mostró valores de firmeza bajos seguido por las muestras tratadas con quitinosa por aspersión simple donde se encontraron rangos de 5,41 a 6,63 “Firmes”. Ramos *et al.*, (2018), determina que el uso de recubrimientos comestibles o películas forman una barrera protectora obstaculizando la entrada de O<sub>2</sub> y salida de CO<sub>2</sub>, causando una disminución de ablandamiento y conservando la firmeza.

### ***Apariencia***

Las frutas y hortalizas contienen células metabólicamente que continúan generando compuestos, a su vez obteniendo energía para el desarrollo del proceso de respiración, por ello cuando la respiración se incrementa los productos padecen deterioro y reducen su calidad en anaquel, los frutos climatéricos como el tomate experimentan alteraciones bioquímicas aceleradas, pérdida de firmeza de la pulpa, cambio de coloración, transformación de almidón a azúcares, cambios de olor, lo cual altera su apariencia y su composición, Ramos *et al.*, (2018).

**Tabla 27**

*Frecuencias absolutas - Apariencia*

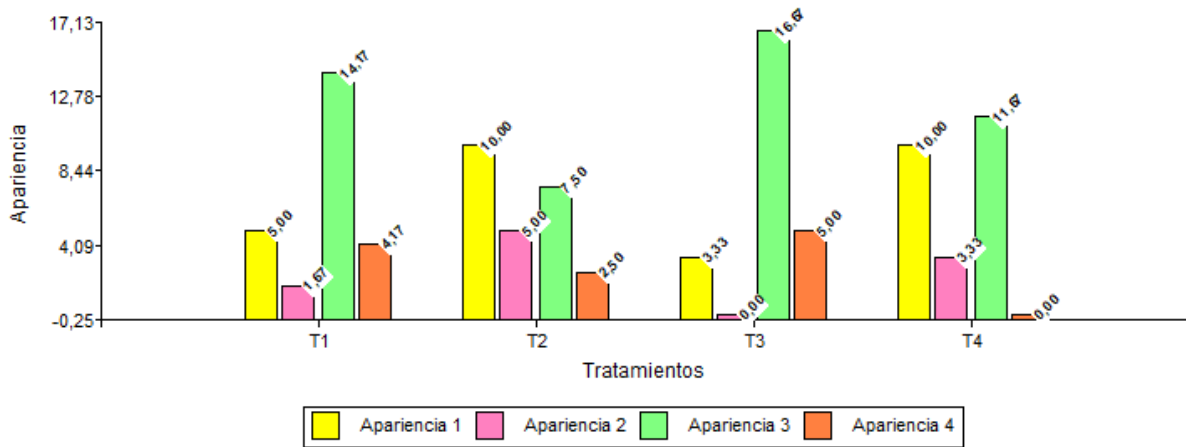
Tratamientos	Apariencia				Total
	1	2	3	4	
T1	6	2	17	5	<b>30</b>
T2	12	6	9	6	<b>30</b>
T3	4	0	20	6	<b>30</b>
T4	12	4	14	0	<b>30</b>
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>12</b>	<b>60</b>	<b>14</b>	<b>120</b>

*Nota:* Tabla de frecuencias absolutas con un nivel de significancia  $p= 0,05$ , evaluadas para la variable apariencia en tomate Cherry al día 12 almacenados a temperatura ambiente.

De acuerdo al análisis de tabla de contingencia se puede observar que existe una asociación significativa entre la apariencia con respecto al tipo de película, con un valor ( $p= 0,006$ ) del estadístico Chi cuadrado de Pearson, de igual manera su coeficiente de contingencia es  $>0$  lo que determina que las variables están relacionadas entre sí ver (Tabla 22).

**Figura 31**

*Frecuencias relativas al total (expresada como porcentajes)*



*Nota:* Figura de frecuencias relativas para la variable apariencia en tomates almacenados con películas comestibles a base de almidón de camote modificado con diferentes concentraciones de albedo cítrico, frente al film plástico.

De acuerdo a los resultados generados en el presente estudio ver (figura 31), se puede evidenciar que hay un mayor porcentaje de apariencia en escala 1 para el Tratamiento 2 (almidón modificado de camote sin adición de albedo) y T4 (almidón modificado de camote + 1.0% de albedo). En cuanto a la escala de apariencia 3 y 4 se puede evidenciar que mayor porcentaje es para el tratamiento T3 (almidón modificado de camote + 0.5 % de albedo) que son frutos que están aceptables comercialmente que presentaban buena firmeza, color y brillo. De acuerdo a los datos reportados por Pilataxi (2019) presentó rango de escala 5 “Excelente” para los tratamientos con almidón en diferentes concentraciones almacenados a temperatura de 3 °C y escala 3 “aceptable comercialmente” para el tratamiento con almidón al 10% almacenado a 18 °C, presentando daños fúngicos lo que afectó sus atributos como brillo, marchitez y ablandamiento. Por ello afirma que al almacenar a bajas temperaturas reduce la intensidad respiratoria presente y a su vez la velocidad de actividad metabólica. Dentro de los resultados obtenidos se puede evidenciar que las escalas de apariencia están dentro de los datos reportados por dicho autor.

## Color

**Tabla 28**

*Frecuencias absolutas - Color*

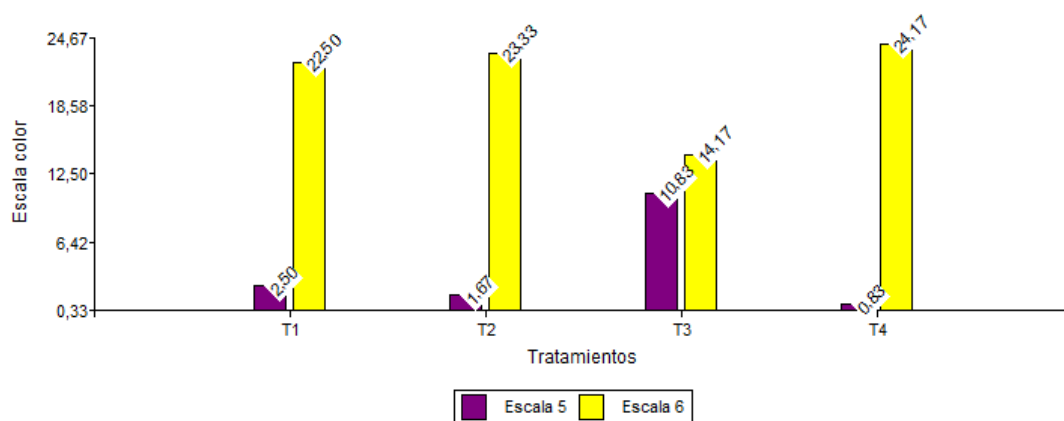
Tratamientos	Color		Total
	5	6	
T1	3	27	30
T2	2	28	30
T3	13	17	30
T4	1	29	30
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>101</b>	<b>120</b>

*Nota:* Tabla de frecuencias absolutas con un nivel de significancia  $p = 0,05$ , evaluadas para la variable color en tomate Cherry al día 12 almacenados a temperatura ambiente.

De acuerdo al análisis de tabla de contingencia se puede observar que existe una asociación significativa entre el color con respecto al tipo de película, con un valor ( $p = < 0,0001$ ) del estadístico Chi cuadrado de Pearson, de igual manera su coeficiente de contingencia es  $> 0$  lo que determina que las variables están relacionadas entre sí ver (Tabla 24).

**Figura 32**

*Frecuencias relativas al total (expresada como porcentajes)*



*Nota:* Figura de frecuencias relativas para la variable color en tomates almacenados con películas comestibles a base de almidón de camote modificado con diferentes concentraciones de albedo cítrico, frente al film plástico.



Se puede evidenciar en el presente estudio ver (figura 32) que en la escala de color 5 se encuentra con mayor porcentaje para el tratamiento T3, donde presentaron un color rojo rosado en comparación al tratamiento T4 que en mayor porcentaje se encuentra en la escala de color 6 donde la superficie posee un color rojo brillante lo que quiere decir que está completamente maduro, Rivez *et al.*, (2018), en su estudio sobre la evaluación de recubrimientos biodegradables para la conservación de tomate fresco reporto valores de 5,7 con recubrimiento y 7,3 para el control.

Mediante lo reportado por Pilataxi (2019) en su estudio de recubrimientos con almidón en diferentes concentraciones a dos temperaturas se evidencio que a la temperatura de 3 °C obtuvo una escala de color 4 (medio pintón) a diferencia de tratamiento T5 que se encuentra dentro de la escala 6 (maduro firme) que se encontraba almacenado a temperatura ambiente, la temperatura juega un papel crucial en el proceso de maduración de los frutos, ya que a partir de temperaturas superiores a los 6 hasta 30 °C se estimula los procesos de maduración, causando una desintegración de los cloroplastos que son responsables a los cambios de color. Por ende, el presente estudio se evaluó a temperatura ambiente que estaba dentro de un promedio de  $15 \pm 1^\circ\text{C}$  lo que influye mucho en cuanto a la maduración de los frutos de tomate.

En cuanto a lo mencionado por Vázquez & Guerrero (2013), afirma que los recubrimientos o películas comestibles disminuye el oxígeno presente, por lo que la respiración retrasa la desnaturalización de pigmentos atribuido a la ausencia de CO<sub>2</sub> y como resultado de colores indeseables.

### ***Vida útil***

La vida útil de un alimento se define al tiempo finito después de su producción en condiciones controladas de almacenamiento, en las que tendrá una pérdida de sus propiedades sensoriales y fisicoquímicas, Carrillo & Reyes (2012).

**Tabla 29**

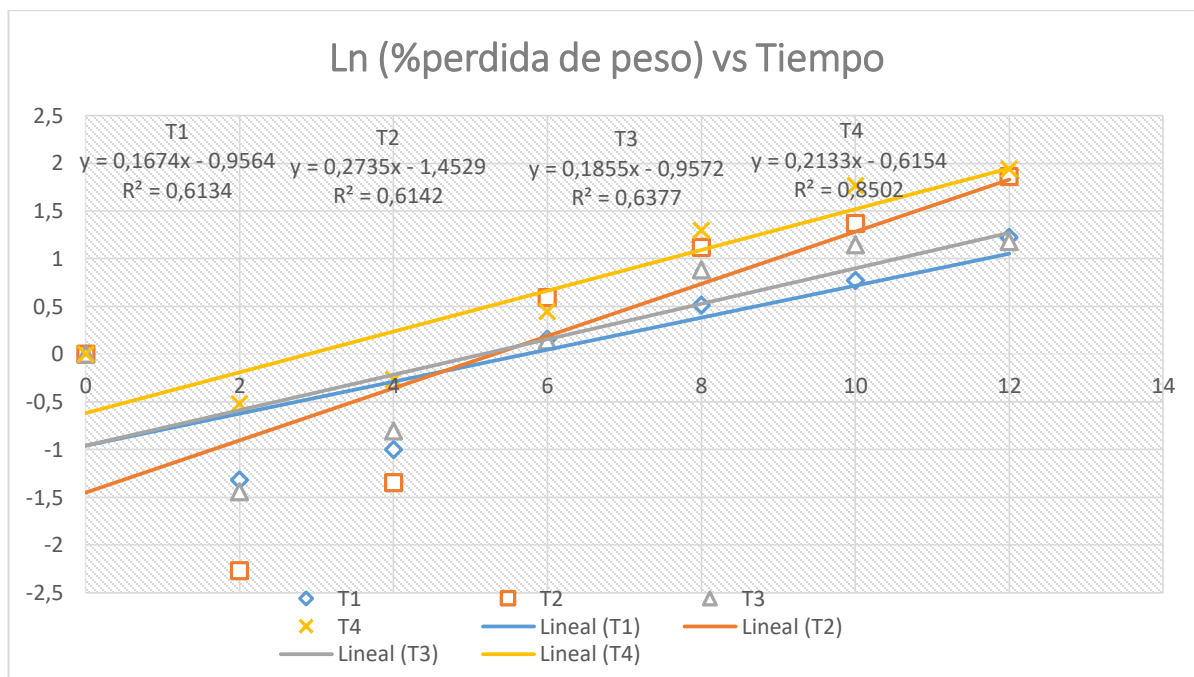
*Días de vida útil según fórmula de la Labuza*

	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
<b>Días</b>	17	13	19	13

*Nota.* Vida útil del tomate Cherry obtenidos por la ecuación de Labuza.

**Figura 33**

*Determinación de la vida útil en base a la variable de % de pérdida de peso*



*Nota.* Figura del logaritmo natural del porcentaje de pérdida de peso en función del tiempo.

De acuerdo a los resultados obtenidos ver (Tabla 27) se puede determinar que la vida útil con mayor número de días es para el tratamiento T3 con 19 días, seguido del Tratamiento T1 con 17 días, en comparación al tratamiento T2 y T3 con 13 días. De acuerdo a lo reportado por Galletta *et al.*, (2005) en su estudio del aumento de la vida útil del tomate usando una

película de proteína de suero de leche reporto que hubo retrasos en las reacciones propias de la maduración y pérdida de peso alcanzando una vida útil de 21 días. Según lo mencionado por Amaya *et al.*, (2010) en su estudio de recubrimientos del tomate con almidón de yuca en el tratamiento que no tenía recubrimiento presento una vida útil de 7 días almacenados a temperatura ambiente, y para el tratamiento con recubrimiento de 18 días, es decir que en la presente investigación la aplicación del uso de películas comestibles incrementa la vida útil del tomate Cherry.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

- De acuerdo a la obtención del almidón de camote se obtuvo un rendimiento del 15%, el mismo que fue modificado por el proceso de liofilización, ya que al realizar pruebas previas en la formulación de películas con almidón sin modificar estas al momento de secarse se encontraban muy húmedas y pegajosas lo que no permitía desprender del molde. Es por ello que al realizar el proceso de modificación por liofilización la estructura de la película permitió una correcta gelatinización y homogenización al momento de adicionar los demás materiales, logrando que la misma sea más seca y menos pegajosa.
- Se determinó las propiedades de funcionalidad como barrera, resistencia mecánica y biodegradabilidad de las películas comestibles, donde la que presento mejor resultados fue la que contenía albedo cítrico de toronja al 0% consiguiendo un espesor de 0,24 mm, una elongación de 46,84%, menor contenido de humedad con 41,30%, menor contenido de solubilidad con 58,41% y mayor biodegradabilidad con 93,97%. Seguida a esta formulación la película con albedo cítrico de toronja al 0.5% que presentó un espesor de 0,34 mm, una elongación de 40,82%, humedad con el 51,30%, 60,87% de solubilidad y 93,12% de biodegradabilidad, permitiendo comparar la calidad y comportamiento físico de las películas, de una forma cuantitativa y técnica antes de ser utilizadas sobre la conservación del tomate Cherry. La propiedad de solubilidad fue la variable que permitió determinar la mejor película, siendo que las películas menos solubles son más estables a la humedad del ambiente de trabajo.
- Se determino por análisis físico-químico el comportamiento de los tomates almacenados, donde se pudo observar como mejor resultado la formulación de películas con albedo cítrico de toronja al 0,5 %, debido a que esta presentó una menor pérdida de

peso con valores de 3,25% a los 12 días, mayor acidez titulable con 0,09%, menor contenido de pH con 4,46, menor contenido ° Brix con 6,71, con firmeza a escala 5, apariencia a escala 3, color a escala 5, en comparación al film plástico que presento porcentajes de 3,40% en pérdida de peso, 0,07 % de Acidez titulables, 4,52 de pH y 7,41 °Brix, con firmeza a escala 3, apariencia a escala 3, color a escala 6. El uso de las películas permitió que los tomates tengan cualidades de calidad, mucho mejores que los tomates conservados en el film plástico bajo las mismas condiciones de almacenamiento.

- Al realizar el análisis de vida útil mediante la fórmula de Labuza, considerando la variable pérdida de peso, se logró determinar que el uso de películas comestibles permite tener mayores tiempos de vida útil en los tomates, no importando el porcentaje de albedo añadido, siendo que todos los tratamientos superaron los días máximos de vida útil del tomate Cherry, ya que comercialmente estos duran de 7 a 10 días, sin embargo estos tuvieron un tiempo de 7 días adicionales, sin afectar la calidad sensorial del tomate Cherry, lo que demuestra que el uso de películas comestibles extiende la vida útil y mantienen la calidad del tomate Cherry.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda minimizar el tamaño de partícula de albedo cítrico para evaluar la caracterización de películas con formulaciones superiores al 1 % de albedo cítrico de toronja.
- Se recomienda formular películas con inclusión de aceites esenciales para mejorar las propiedades de resistencia y solubilidad de la película comestible.
- Se recomienda evaluar el almacenamiento de tomates Cherry con películas comestibles bajo otras condiciones de temperatura, para evaluar el comportamiento de los parámetros de calidad del tomate Cherry y tiempo de vida útil.

- Se recomienda realizar un análisis de composición química de los tomates más amplio, para evaluar el efecto de las películas sobre contenido de vitamina C y licopeno presente en cada uno de los tratamientos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agricultores. (2017, junio 15). *Re: Maduración del fruto y términos de uso común en postcosecha*. Red de Especialistas en Agricultura. <https://agriculturers.com/maduracion-del-fruto-y-terminos-de-uso-comun-en-postcosecha/>
- Alarcón, A. (2013). *Calidad postcosecha del tomate (Solanum lycopersicum L) cultivado en sistemas ecológicos de fertilización* [Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. [https://oa.upm.es/21908/1/ALEJANDRO\\_ALARCON\\_ZAYAS.pdf](https://oa.upm.es/21908/1/ALEJANDRO_ALARCON_ZAYAS.pdf)
- Amaya, P., Peña, L., Mosquera, A., Villada, H., & Villada, D. (2010). Efecto del uso de recubrimientos sobre la calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum* mil). *Revista SCielo (Scientific electronic library online)*, 77(3), 67-73. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532010000200008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532010000200008)
- Ancos, B., González, D., Colina, C., & Sánchez, C. (2015). Uso de películas/recubrimientos comestibles en los productos de IV y V Gama. *Revista Iboamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(1),10-12. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81339864002>
- Barreda, A. (2016). *Elaboración y evaluación de películas comestibles a base de almidón de maíz (Zea mays. L) añadiendo goma tara y xantan* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3216>
- Barrera, F. (2017). *Efecto del pH Sobre las Características Físicoquímicas y de Adhesividad de Látex de Poli (Acetato de Vinilo-Alcohol vinílico) para Recubrir Tomate Cherry (Lycopersicon esculentum. Var. cerasiforme)*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/8477>
- Burgos, M. I., & Burgos, M. S. (2022). *Sustitución de harina de soya (Glycine max), por albedo de naranja (Citrus x sinensis) deshidratado en discos de carne de res* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Manabí]. <http://repositorio.utm.edu.ec/items/ef544d17-133d-4d55-8edd-aa3ad624b201>

- Carrillo, M., & Reyes, A. (2012). *Re: Vida útil de los alimentos*. [Comentario en línea].  
[https://www.researchgate.net/publication/312955255\\_Vida\\_util\\_de\\_los\\_alimentos\\_Lifetime\\_food](https://www.researchgate.net/publication/312955255_Vida_util_de_los_alimentos_Lifetime_food)
- Chariguamán, J. (2015). *Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (Passiflora edulis spp.)* [Tesis de pregrado, Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/items/969b4c6e-8d29-4dac-9412-ab67749dff71>
- Churata-Oroya, D. E., Ramos-Perfecto, D., Moromi-Nakata, H., Martínez-Cadillo, E., Castro-Luna, A., & Garcia-de-la-Guarda, R. (2016). Efecto antifúngico del (*Citrus paradisi*) “toronja” sobre cepas de (*Candida albicans*) aisladas de pacientes con estomatitis subprotésica. *Revista Estomatológica Herediana*, 26(2), 78. <https://doi.org/10.20453/reh.v26i2.2869>
- Contreras, L. (2004). *Contenido de vitamina C y vida de anaquel en tomate cherry tratado con 1-MPC en diferentes estados de madurez* [Tesis, Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo].  
<https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/890/1/CONTRERAS-ANGULO-LA04.pdf>
- Contreras, R. (2021). *Desarrollo de una película a partir de almidón acetilado de camote morado como potencial alternativo en el desarrollo de biopelículas para recubrimiento de alimentos* [Tesis, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo].  
[http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB\\_UMICH/6401/FQFB-M-2021-0349.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/6401/FQFB-M-2021-0349.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Deccoiberica. (2018, noviembre 30). *Re: Postcosecha de tomate: cómo garantizar una óptima conservación* [Comentario en línea].  
<https://www.deccoiberica.es/poscosecha-de-tomate-como-garantizar-una-optima-conservacion/>
- Díaz, R. (2019). *Evaluación de películas comestibles de harina de maíz morado (Zea mays L.) y propóleo en la conservación de palta fuerte (Persea americana)* [Tesis de pregrado,



Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac].

<https://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/728>

Doane, W. M. (1992). USDA Research on Starch-Based Biodegradable Plastics. *Starch - Stärke*, 44(8), 293-295. <https://doi.org/10.1002/star.19920440805>

Esquivel, M., & Velazquez, L. (2014). *Evaluación de la elaboración de harina de camote morado (Ipomea batatas Lam) producido bajo tres niveles diferentes de fertilización orgánica en el municipio de Othon P. Blanco*. [http://www.itzonamaya.edu.mx/web\\_biblio/archivos/res\\_prof/agro/agro-2014-9.pdf](http://www.itzonamaya.edu.mx/web_biblio/archivos/res_prof/agro/agro-2014-9.pdf)

Flores, Z. (2016). *Desarrollo de emulsiones quitosano-carvacrol mediante homogenización por altas presiones y aplicación mediante aspersion electroestática sobre Tomate Cherry (Lycopersicon esculentum L.) para mantener su calidad en Postcosecha*. [Tesis masterado, Universidad del Bio - Bio]. <http://repopib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1663/1/Flores%20Hern%20c3%a1ndez%20c%20Zoila%20Esperanza.pdf>

Galiotta, G., Harte, F., Molinari, D., Capdevielle, R., & Diano, W. (2005). Aumento de la vida útil postcosecha de tomate usando una película de proteína de suero de leche. *Revista Iboamericana de Tecnología Postcosecha*, 6(2), 117-123. <https://www.redalyc.org/pdf/813/81360209.pdf>

García Baldizón, C., Molina Córdoba, M. E., & Chacón Valle, G. (2012). Evaluación de la vida útil de una pasta de tomate mediante pruebas aceleradas por temperatura. *Revista Ingeniería*, 21(2). <https://doi.org/10.15517/ring.v21i2.2683>

García, R., Garay, P., & Mendoza, A. (2022). *Películas comestibles que recubran la uva verde (Vitis vinifera) a partir de la mezcla de almidón de camote (Ipomea batatas) y de malanga (Colocasia esculenta) con plastificantes naturales*. <https://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/5529/Pel%20C3%ADculas%20comestibles%20que%20recubran%20la%20uva%20verde%20%28Vitis%20vinifera%2>

9%20a%20partir%20de%20la%20mezcla%20de%20almid%C3%B3n%20de%20camote%  
20%28Ipomoea%20batatas%29%20y%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Garde, J. (2015). *Materiales Flexibles (Films)*. AINIA.

<http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/V02wn/films?OpenDocument>

Garzón Juan Pablo. (2011). *Caracterización y evaluación morfoagronómica de la colección de tomate tipo cherry de la universidad nacional de Colombia sede Palmira* [Tesis masterado, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/10024>

Gil, A. (2010). Tratado de nutrición, composición y calidad nutritiva de alimentos. En *Panamericana* (Vol. 2).

Guamán, J. (2019). *Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cascaras de papa para su aplicación industrial* [Trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>

Guízar, A., García, I., & Montañez, J. (2008). Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del cerro. *Revista Iboamericana de Tecnología Postcosecha*, 9(1) 81-88. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81311226011>

Hazarika, B. J., & Sit, N. (2016). Effect of dual modification with hydroxypropylation and cross-linking on physicochemical properties of taro starch. *Carbohydrate Polymers*, 140, 269-278. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.12.055>

Hernández, C. (2019). *Cambio estructural del almidón como consecuencia del escaldado en camote (Ipomoea batatas) de diferentes variedades* [Tesis, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. <https://1library.co/document/zp20kd0y-cambio-estructural-almidon-consecuencia-escaldado-ipomoea-diferentes-variedades.html>

Jácome, M. (2019). *Desarrollo de bolsas biodegradables para agrocultivo a partir de cáscara de banano de rechazo (Musa balbisiana) y estudio de la liberación controlada de compuestos activos en el suelo* [Trabajo de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/21185>

- Junjie, G., & Milford, H. (2004). Extruding Foams from Corn Starch Acetate and Native Corn Starch. *Biomacromolecules*, 5(6), 2329-2339. <https://doi.org/10.1021/bm049512m>
- López, C., López, M., Gutiérrez, J., Arenales, I., Huerta, A., Vargas, A., & Hernández, A. (2015). Efecto de biopelículas sobre la calidad postcosecha de tomate nativo Ojo de venado (*Solanum lycopersicum* L var. cerasiforme). *Revista Tecnológica Agroalimentaria*, 2(2), 409. <http://agrobioalimentaria.uttehuacan.edu.mx/media/files/Vol2num2/EFFECTODEBIOPELICU LASSOBRECALIDADPOSCOSECHADETOMATE.pdf>
- López, E. (2019). *Evaluación de dos sustratos para la producción de tres cultivares de tomate cherry (Lycopersicum esculentum Mill) en invernadero* [Trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/10738>
- Massey, V. (2018, agosto 16). *Re: Tomates escala colores y otros* [Comentario en línea]. Blogspot. <http://vmasseyors.blogspot.com/2018/08/tomate-esculentum-l.html>
- Matta, E., & Berlota, N. (2019). *Desarrollo y Caracterización de películas comestibles de pectinas plasticadas con isomalt* [Trabajo de investigación, Universidad Nacional de la Plata]. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/121720/Documento\\_completo.%20Bertola%20libro%20II.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/121720/Documento_completo.%20Bertola%20libro%20II.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mollejo, V. (2022, marzo 22). *Re: Goma xantana, el aditivo bajo en grasas que sustituye al gluten.* *Alimente* [Comentario de foro en línea]. [https://www.alimente.elconfidencial.com/consumo/2022-03-22/goma-xantana-usos-beneficios\\_1754146/](https://www.alimente.elconfidencial.com/consumo/2022-03-22/goma-xantana-usos-beneficios_1754146/)
- Morales, V. (2013). *Efecto de películas comestibles a base de carboximetilcelulosa y/o goma xanthan en la fritura de malanga (Xanthosoma sagittifolium)* [Tesis de grado, Universidad San Francisco de Quito]. <https://repositorio.usfq.edu.ec/jspui/bitstream/23000/2734/1/109003.pdf>

- Morejón, A. B., & Viznay, A. (2018). *Control microbiológico y determinación de pH, acidez y grados brix de jugos expendidos en los espacios públicos de la ciudad de Cuenca* [Trabajo de titulación, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30388/1/trabajo%20de%20titulaci%3%b3n.pdf>
- Navarro-López, E. R., Nieto-Ángel, R., Corrales-García, J. J., García-Mateos, Ma. del R., & Ramírez-Arias, J. A. (2012). Calidad postcosecha en frutos de tomate hidropónico producidos con agua residual y pozo. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, XVIII (3), 263-277. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2009.11.097>
- Oropeza, R., Montes, C., & Padrón Carlos. (2016). Películas biodegradables a base de almidón: propiedades mecánicas, funcionales y biodegradación. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 7(1), 81. <http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/rvcta/v7n1/art05.pdf>
- Parra, J. (2019). *Obtención de biofilm a partir del almidón de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y camote (Ipomoea batatas) como alternativa al uso del material plástico derivado de petróleo* [Trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13808/1/96T00573.pdf>
- Pilataxi, J. (2019). *Efecto del recubrimiento con tres soluciones de almidón de yuca en la conservación del fruto de tomate riñón (Solanum lycopersicum, Mill)* [Trabajo de titulación, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/19846/1/T-UCE-0004-CAG-158.pdf>
- Providean. (2013). Re: *Liofilización* [Comentario en línea]. <http://laboratoriouniversal.com/home/wp-content/uploads/2013/10/Vacunas-Liofilizaci%3%b3n.pdf>
- Ramos, M., Romero, C., & Bautista, S. (2018). Almidón modificado: Propiedades y usos como recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas frescas. *Revista*

- Iboamericana de Tecnología Postcosecha*, 19(1), 30-44.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81355612003>
- Saartrat, S., Puttanlek, C., Rungsardthong, V., & Uttapap, D. (2005). Paste and gel properties of low-substituted acetylated canna starches. *Carbohydrate Polymers*, 61(2), 211-221.  
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.05.024>
- Sandoval, D. (2014). *Desarrollo de una película comestible aplicando moléculas proteicas lácteas y pretratamientos de aceites esenciales para extender la vida de anaquel de tomate hortícola fresco (Lycopersicon esculentum)* [Trabajo de investigación, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8427/1/AL%20537.pdf>
- Solano-Doblado, L. G., Alamilla-Beltrán, L., & Jiménez-Martínez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 21(1), 30. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>
- Suárez, J., Pérez, M., & Giménez, A. (2009). Efecto de la temperatura y estado de madurez sobre la calidad postcosecha de la fruta de guayaba (*Psidium guajava* L.) procedente de MERCABAR, *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(1), 60-69.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3293747>
- Ulusoy Beyza H, Yildirilm, F. K., & Hecer, C. (2018). Edible Films and Coatings: A Good Idea From Past to Future Technology. *Journal of Food Technology Research*, 5(1), 28-33.  
<https://doi.org/10.18488/journal.58.2018.51.28.33>
- Vázquez, M., & Guerrero, J. (2013). *Recubrimientos de frutas con biopelículas*  
[https://www.academia.edu/34339497/Recubrimientos\\_de\\_frutas\\_con\\_biopel%C3%ADcul](https://www.academia.edu/34339497/Recubrimientos_de_frutas_con_biopel%C3%ADcul)
- Vidal, A., Zaucedo, A., & Ramos, M. (2018). Propiedades nutrimentales del camote. *Revista Iboamericana de Tecnología Postcosecha*, 19(2), 4-9.  
<https://www.redalyc.org/journal/813/81357541001/html/>
- Zhang, C., Chen, S., Ren, X., Lu, Y., Liu, D., Cai, X., Li, Q., Gao, J., & Liu, Q. (2017). Molecular Structure and Physicochemical Properties of Starches from Rice with Different Amylose

Contents Resulting from Modification of OsGBSSI Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(10), 2222-2232. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b05448>