



**Desarrollo, Caracterización y Evaluación de Películas Comestibles con base de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) sobre criterios de calidad de tomates almacenados al ambiente**

Jaramillo Cueva, Liliana Ximena

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniería Agropecuaria

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro, Mgtr.

23 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 Comestibles con base de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) sobre criterios de calidad de tomates almacenados al ambiente**, fue realizado por el/los señor/señores **Jaramillo Cueva, Liliana Ximena** 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 analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 23 de febrero del 2023



.....  
**Ing. Gabriel Alejandro Larrea Cedeño, Mgtr**

**C. C. 1709635039**

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

2/23/23, 9:10 AM

Tesis Plagio

## Informe de originalidad

---

### NOMBRE DEL CURSO

Revisión Tesis

### NOMBRE DEL ALUMNO

LILIANA XIMENA JARAMILLO CUEVA

### NOMBRE DEL ARCHIVO

LILIANA XIMENA JARAMILLO CUEVA - Tesis

### SE HA CREADO EL INFORME

23 feb 2023

---

## Resumen

Fragmentos marcados	2	0,2 %
Fragmentos citados o entrecorillados	1	0,6 %
Coincidencias de la Web		
sld.cu	1	0,6 %
researchgate.net	1	0,1 %
productonaturechoice.com	1	0,1 %

---



Programa de verificación de originalidad  
GABRIEL ALEJANDRO  
LARREA CEDENO

.....

**Ing. Gabriel Alejandro Larrea Cedeño, Mgtr**

**C. C. 1709635039**



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

**Carrera Agropecuaria**

**Responsabilidad de Autoría:**

Yo, **Jaramillo Cueva, Liliana Ximena**, con cédula de ciudadanía N°**1725199044**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de Integración Curricular: **Desarrollo, Caracterización y Evaluación de Películas Comestibles con base de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) 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, 23 de febrero 2023

**Jaramillo Cueva, Liliana Ximena**

**C.C.:1725199044**



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

**Carrera Agropecuaria**

**Autorización de Publicación:**

Yo **Jaramillo Cueva, Lilliana Ximena**, con cédula de ciudadanía No. 1725199044, 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 papa (*Solanum tuberosum*) sobre criterios de calidad de tomates almacenados al ambiente**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 23 de febrero 2023

**Jaramillo Cueva, Lilliana Ximena**

**C.C.: 1725199044**

## **Dedicatoria**

Quisiera dedicarle este trabajo a Dios por brindarme salud, dedicación y sabiduría para enfrentar cada adversidad y obstáculo que se me presentó a lo largo de mi carrera. A mis queridos padres que desde el inicio conté con su apoyo tanto moral como económico, que estuvieron en mis caídas y triunfos, que con sus consejos, amor, dedicación y esfuerzo he podido realizar este sueño, porque sin ellos nada sería posible y me motivan a seguir adelante. A mis hermanos y a mis familiares que me han brindado su apoyo incondicional, dándome ejemplos de perseverancia para motivarme y llegar a ser lo que soy hoy en día.

A mis queridos profesores que me brindaron todo su conocimiento, experiencias y anécdotas que me van ayudar a ponerlos en práctica tanto en mi vida profesional como personal.

A mis amigos que desde un inicio han estado conmigo en las buenas y malas, dándome consejos en los momentos importantes de mi vida universitaria, teniendo tantas anécdotas inolvidables a lo largo del proceso, gracias por su amistad incondicional.

## **Agradecimiento**

Primero antes que nada agradecer a Dios, por guiarme en este largo camino dándome la fuerza que se necesita para avanzar con este proyecto, por fortalecer mi mente, mi cuerpo y mi corazón durante toda mi carrera. Agradecer a mis padres, por darme su confianza en todo momento y brindarme su apoyo incondicional para no rendirme y dejar caer, por ayudarme a levantar en mis momentos difíciles, darme calma en mis momentos de estrés y sobre todo darme amor en mis decisiones fallidas. A mis hermanos que me han brindado todo su apoyo y cariño a todo lo que me propongo.

A mi tutor Ing. Gabriel Larrea que con sus conocimientos me ayudó a culminar con éxito la investigación, corrigiendo mis errores y brindándome apoyo a lo largo del experimento.

A mi segundo hogar la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-IASA I, que me ha brindado las mejores experiencias de mi vida y que cuenta con una gran calidad de catedráticos.

Agradecer simplemente a cada una de las personas que formaron parte en este proceso, dándome su apoyo tanto físico como emocional en cada momento, los tengo en el corazón y son una pieza fundamental en este gran paso de mi vida.

## Índice de contenidos

Carátula .....	1
Certificación .....	2
Resultados de la herramienta para la verificación y/o análisis de similitud de contenidos .....	3
Autorización de Publicación .....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento .....	7
Índice de contenidos .....	8
Índice de tablas.....	12
Índice de figuras.....	14
Resumen .....	16
Abstract.....	17
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>18</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>18</b>
Antecedentes .....	18
Justificación.....	19
Objetivos .....	20
<i>Objetivo General</i> .....	20
Objetivos Específicos .....	20
Hipótesis .....	21
<i>Hipótesis nula</i> .....	21
<i>Hipótesis de la investigación</i> .....	21
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>22</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>22</b>
Cultivo de papa .....	22

Clasificación taxonómica .....	22
Requerimientos del cultivo.....	22
Botánica del cultivo.....	23
Variedades de papa en Ecuador.....	24
Composición nutricional.....	24
Almidón .....	25
Almidón de papa.....	25
Películas comestibles (PC).....	26
Elaboración de películas comestibles .....	26
Atmósferas modificadas y controladas .....	27
Albedo .....	28
Liofilización.....	28
Tomate Cherry ( <i>Lycopersicon esculentum Mill</i> ).....	29
Composición nutricional.....	29
Características organolépticas.....	30
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>31</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>31</b>
Área de estudio .....	31
Materiales.....	31
<i>Material vegetal</i> .....	31
<i>Equipos y reactivos</i> .....	32
Producción del almidón .....	33
Fabricación de película comestible.....	35
Acondicionamiento del tomate.....	36
Establecimiento del ensayo.....	36
Pruebas físicas, mecánicas y de biodegradabilidad de la película comestible.....	37

Espesor (mm) .....	37
Contenido de humedad (%) .....	38
Solubilidad del agua (%) .....	38
Elongación relativa (%) .....	39
Biodegradabilidad .....	39
Pruebas visuales, y físicas de la película comestible con el tomate Cherry .....	40
Recolección de datos .....	40
Firmeza .....	41
Daños visibles .....	42
Apariencia.....	42
Pérdida de peso (%) .....	43
Sólidos Solubles (°Brix) .....	43
Acidez titulable (%).....	44
pH.....	44
Vida útil.....	45
Diseño Experimental .....	46
Análisis visuales .....	46
Croquis del experimento .....	47
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>48</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>48</b>
Resultados .....	48
Análisis visuales del tomate Cherry .....	49
Análisis de películas comestibles.....	58
Análisis de Tomate Cherry utilizado en cada tratamiento.....	65
<b>Discusión.....</b>	<b>72</b>
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>79</b>

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>79</b>
Conclusiones.....	79
Recomendaciones.....	80
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>81</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Clasificación taxonómica de la (<i>Solanum tuberosum</i>)</i> .....	22
<b>Tabla 2</b> <i>Composición química en 100 g de papa</i> .....	25
<b>Tabla 3</b> <i>Composición química en 100 g de porción comestible de Tomate Cherry</i> .....	30
<b>Tabla 4</b> <i>Cantidad de ingredientes para cada tratamiento</i> .....	36
<b>Tabla 5</b> <i>Escala de color de tomate con la característica distintiva</i> .....	41
<b>Tabla 6</b> <i>Escala de Kader et al., (1978), para evaluar la firmeza del tomate</i> .....	41
<b>Tabla 7</b> <i>Escala de Zambrano y Materano (1999), para evaluar los daños visibles del tomate</i> ..	42
<b>Tabla 8</b> <i>Escala de Zambrano y Materano (1999), para evaluar la apariencia del tomate</i> .....	42
<b>Tabla 9</b> <i>Tratamiento con sus respectivas formulaciones</i> .....	47
<b>Tabla 10</b> <i>Resumen del tipo de firmeza sensorial de cada tratamiento</i> .....	49
<b>Tabla 11</b> <i>Tabla de contingencia de tipo de firmeza</i> .....	50
<b>Tabla 12</b> <i>Comparaciones de tipo de firmeza con cada límite</i> .....	51
<b>Tabla 13</b> <i>Resumen de tipo de daño visible sensorial de cada tratamiento</i> .....	51
<b>Tabla 14</b> <i>Tabla de contingencia de tipo de daño visible</i> .....	52
<b>Tabla 15</b> <i>Comparaciones de tipo de daño con cada límite</i> .....	53
<b>Tabla 16</b> <i>Resumen del tipo de apariencia de cada tratamiento</i> .....	54
<b>Tabla 17</b> <i>Tabla de contingencia de tipo de apariencia</i> .....	55
<b>Tabla 18</b> <i>Comparaciones de tipo de apariencia con cada límite</i> .....	55
<b>Tabla 19</b> <i>Resumen de tipo de color en los tomates de cada tratamiento</i> .....	56
<b>Tabla 20</b> <i>Tabla de contingencia de tipo de color</i> .....	57
<b>Tabla 21</b> <i>Comparaciones de tipo de color con cada límite</i> .....	58
<b>Tabla 22</b> <i>ANOVA Espesor de películas según el porcentaje de Albedo</i> .....	59
<b>Tabla 23</b> <i>Promedio <math>\pm</math> desviación estándar del espesor de las películas con albedo</i> .....	59
<b>Tabla 24</b> <i>ANOVA Elongación de películas según el porcentaje de Albedo</i> .....	60
<b>Tabla 25</b> <i>Promedio <math>\pm</math> desviación estándar de elongación de películas con albedo</i> .....	60

<b>Tabla 26</b>	<i>ANOVA Contenido de humedad de películas según el porcentaje de Albedo</i>	61
<b>Tabla 27</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> desviación estándar de humedad de las películas con albedo</i>	62
<b>Tabla 28</b>	<i>ANOVA Solubilidad de películas según el porcentaje de albedo</i>	63
<b>Tabla 29</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> desviación estándar de solubilidad las películas con albedo</i>	63
<b>Tabla 30</b>	<i>ANOVA Biodegradabilidad de películas según el porcentaje de Albedo</i>	64
<b>Tabla 31</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> desviación estándar de biodegradabilidad de las películas con albedo</i>	65
<b>Tabla 32</b>	<i>ANOVA Pérdida de peso de los tomates de acuerdo a cada tratamiento</i>	66
<b>Tabla 33</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> desviación estándar de pérdida de peso en los tomates</i>	66
<b>Tabla 34</b>	<i>ANOVA Acidez de los tomates de acuerdo a cada tratamiento</i>	67
<b>Tabla 35</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> desviación estándar de acidez titulable en los tomates</i>	68
<b>Tabla 36</b>	<i>ANOVA pH de los tomates de acuerdo a cada tratamiento</i>	69
<b>Tabla 37</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> desviación estándar de pH en los tomates aplicando los tratamientos</i>	69
<b>Tabla 38</b>	<i>ANOVA Sólidos solubles de los tomates de acuerdo a cada tratamiento</i>	70
<b>Tabla 39</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> desviación estándar de sólidos solubles en los tomates</i>	71
<b>Tabla 40</b>	<i>Días de vida útil según fórmula de la Labuza</i>	72

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b>	<i>Partes de la planta de Solanum tuberosum</i> .....	23
<b>Figura 2</b>	<i>Varietades de Solanum tuberosum</i> .....	24
<b>Figura 3</b>	<i>Mapa satelital de la ubicación geográfica del IASA I</i> .....	31
<b>Figura 4</b>	<i>Tomate Cherry con el que se montó el experimento</i> .....	32
<b>Figura 5</b>	<i>Procedimiento para la extracción de almidón de papa</i> .....	34
<b>Figura 6</b>	<i>Películas comestibles a base de almidón de papa</i> .....	35
<b>Figura 7</b>	<i>Establecimiento del ensayo</i> .....	37
<b>Figura 8</b>	<i>Micrómetro de 0 a 12.7 mm</i> .....	37
<b>Figura 9</b>	<i>Evaluación de Contenido de Humedad (%)</i> .....	38
<b>Figura 10</b>	<i>Proceso de evaluación de solubilidad</i> .....	39
<b>Figura 11</b>	<i>Evaluación de biodegradabilidad de películas</i> .....	40
<b>Figura 12</b>	<i>Escala de colorimetría de tomate Cherry</i> .....	41
<b>Figura 13</b>	<i>Evaluación de sólidos solubles</i> .....	43
<b>Figura 14</b>	<i>Proceso de evaluación de acidez titulable</i> .....	44
<b>Figura 15</b>	<i>Obtención de pH de tomate</i> .....	45
<b>Figura 16</b>	<i>Distribución y establecimiento del experimento a temperatura ambiente</i> .....	47
<b>Figura 17</b>	<i>Procedimiento para la extracción de almidón de papa</i> .....	48
<b>Figura 18</b>	<i>Gráfico de barras de tipo de firmeza analizado en los tomates del experimento</i> .....	50
<b>Figura 19</b>	<i>Gráfico de barras de daño visible observado en los tomates del experimento</i> .....	52
<b>Figura 20</b>	<i>Gráfico de barras de tipo de apariencia observado en los tomates del experimento</i>	54
<b>Figura 21</b>	<i>Gráfico de barras de tipo de color observado en los tomates del experimento</i> .....	57
<b>Figura 22</b>	<i>Box -Plot Espesor de las películas comestibles</i> .....	58
<b>Figura 23</b>	<i>Box -Plot de elongación de las películas comestibles</i> .....	60
<b>Figura 24</b>	<i>Box -Plot de Contenido de humedad de las películas comestible</i> .....	61
<b>Figura 25</b>	<i>Box -Plot de Solubilidad de las películas comestibles</i> .....	62

<b>Figura 26</b>	<i>Box -Plot de Biodegradabilidad de las películas comestibles.....</i>	<i>64</i>
<b>Figura 27</b>	<i>Box -Plot Pérdida de peso de los tomates de acuerdo a cada tratamiento .....</i>	<i>65</i>
<b>Figura 28</b>	<i>Box -Plot Acidez titulable de los tomates de acuerdo a cada tratamiento .....</i>	<i>67</i>
<b>Figura 29</b>	<i>Box -Plot pH de los tomates de acuerdo a cada tratamiento .....</i>	<i>68</i>
<b>Figura 30</b>	<i>Box -Plot Sólidos solubles de los tomates de acuerdo a cada tratamiento .....</i>	<i>70</i>
<b>Figura 31</b>	<i>Determinación de la vida útil en base a la variable de % de pérdida de peso.....</i>	<i>71</i>

## Resumen

Se elaboró películas comestibles utilizando almidón de papa, combinado con 3 niveles de albedo los cuales fueron: Sin albedo, Albedo 0,5% y Albedo 1,0%. El objetivo fue desarrollar, caracterizar y evaluar una película comestible con base a almidón de papa (*Solanum tuberosum*), sobre algunas características de calidad de tomates Cherry almacenados a temperatura ambiente, en un lapso de 12 días. Obteniendo el mejor resultado el uso de películas comestibles sin albedo con una menor pérdida de peso en el fruto, con esta variable también se logró calcular mediante la ecuación de Labuza, (1982) la vida útil del tomate, obteniendo que se puede consumir el fruto hasta los 16 días sin perder su calidad; otras variables evaluadas de gran importancia en el uso de películas comestibles sobre el tomate Cherry fueron el pH, sólidos solubles y acidez titulable. Las cuales presentaron diferencias significativas de acuerdo a cada porcentaje de albedo.

Además, en los diferentes tratamientos se realizó un análisis sensorial de manera individuales, evaluando mediante diferentes escalas, el color, la firmeza, la apariencia y los daños visibles, que presentaron los frutos al momento de montar el experimento y a los 12 días, observándose que los cambios que presentó el fruto fueron significativos en cada tratamiento. Respecto a las películas comestibles se analizó las variables físicas y mecánicas de las mismas como el espesor, la elongación, el contenido de humedad, la solubilidad y la biodegradabilidad individual de las películas con su diferente porcentaje de albedo, obteniendo diferencias significativas respecto a cada variable, al tener un aumento en el contenido de albedo se alcanzó mayor espesor, solubilidad, biodegradabilidad, menor contenido de humedad y elongación.

**Palabras clave:** película comestible, albedo, biodegradabilidad.

## **Abstract**

Edible films were made using potato starch, combined with 3 albedo levels which were: No albedo, Albedo 0.5% and Albedo 1.0%. The objective was to develop, characterize and evaluate an edible film based on potato starch (*Solanum tuberosum*), on some quality characteristics of Cherry tomatoes stored at room temperature, in a period of 12 days. Obtaining the best result, the use of edible films without albedo with a lower weight loss in the fruit, with this variable the useful life of the tomato is also calculated more urgently by means of the equation Labuza, (1982), obtaining that the tomato can be consumed. fruit up to 16 days without losing its quality; Other highly important variables evaluated in the use of edible films on Cherry tomatoes were pH, soluble solids, and titratable acidity. Which showed significant differences according to each albedo percentage.

In addition, in the different treatments, a sensory analysis was carried out individually, evaluating through different scales, the color, firmness, appearance and visible damage, which the fruits appeared at the time of mounting the experiment and at 12 days, observing that the changes that produced the fruit were significant in each treatment. Regarding the edible films, their physical and mechanical variables were analyzed, such as thickness, elongation, moisture content, solubility and individual biodegradability of the films with their different percentage of albedo, obtaining significant differences with respect to each variable, by having an increase in the albedo content, greater thickness, solubility, biodegradability, lower moisture content and elongation were achieved.

**Keywords:** edible film, albedo, biodegradability

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### Antecedentes

En los últimos años, el interés sobre la conservación de frutas y hortalizas ha ido en aumento, permitiendo así prolongar su vida útil, manteniendo sus características físicas, químicas y nutricionales, de acuerdo con Hardenburg, (1967), la utilización de películas comestibles ha comenzado desde los siglos XII y XIII en China, con el empleo de ceras sobre alimentos cítricos impidiendo su deterioro, ya para el siglo XVI se aprovechó parafinas, las cuales ayudan a evitar la pérdida de humedad del producto recubierto, manteniendo así las características organolépticas del alimento Castro, (2013).

Fue en la década de los 70 que se enfatizó en mejorar la preservación de los productos y mediante ensayos, se colocó la primera aplicación de recubrimientos comestibles, al principio Bryan (1972) patentó el método de una cobertura de pectina para cubrir trozos de toronja, el éxito en la aplicación comercial fue con productos a base de sales de calcio, vitaminas, minerales y carboximetilcelulosa, Mantrose-Haeuser Co. fue la empresa que lo patentó Castro, (2013).

De acuerdo con la FAO, en el año 2017 se tuvo 1,300 millones de toneladas de desperdicios de alimentos, a causa de un mala manipulación, conservación y distribución de los productos durante la postcosecha, provocados por un inadecuado almacenamiento y por daños físicos y microbiológicos, ante esto se ha determinado que las películas comestibles son una opción ideal y viable para mejorar y alargar la calidad del alimento ya sea en pre y postcosecha, de la misma manera se ejecuta una mejora cualitativa en el proceso de transporte y almacenamiento Solano *et al.*, (2020).

Como consecuencia de la alta demanda de los alimentos, se ha analizado el estudio sobre materiales que contribuyen a reducir el deterioro y perecibilidad de los alimentos, de esta manera surgieron las películas comestibles, que es una capa delgada de un material

seleccionado, la cual funciona como una cubierta protectora sobre alimentos, retardando la humedad, controlando el transporte de gases como: O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y etileno; también puede retener componentes volátiles, mejorar las propiedades mecánicas y organolépticas, sirviendo como vehículo de aditivos, además da una mayor integridad a la estructura y manejo del alimento Solano *et al.*, (2020).

Los almidones son polímeros que se utilizan para numerosas aplicaciones en la industria alimentaria y sus propiedades funcionales dependen de su origen y variedad (trigo, maíz, papa, yuca); la papa es un alimento abundante y con mayor presencia de almidón en su composición, después del maíz, el trigo y el arroz. Hoy en día es muy cultivado y se puede encontrar en cualquier parte del mundo por su adaptabilidad, este análisis ha permitido que diversas investigaciones se hayan interesado en la elaboración de películas comestibles a partir de este almidón Hernández, (2016).

Dussan *et al.*, (2014) evaluó en un estudio un recubrimiento comestible a base de almidón; pero con la incorporación de glicerol, cera de carnauba y aceite de canola en mangos mínimamente procesado manteniendo con éste los atributos de calidad sensorial, físicos y químicos y logrando prolongar su vida útil hasta 24 días en condiciones de refrigeración ( $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $90\pm 2\%$  de HR), en relación a este mismo fruto se han demostrado efectivos recubrimientos a base de cera de carnauba y cera de abejas en estudios realizados por Dang *et al.*, (2008).

### **Justificación**

De acuerdo con varias investigaciones hay un notable y creciente interés en el uso y producción de películas comestibles, con el propósito de prolongar la vida y calidad de los alimentos, debido a la necesidad de disminuir potencialmente uso de plásticos y envases sintéticos, para reemplazarlos con materiales beneficiosos y amigables con el medio ambiente, además de brindar un mejor producto para que el consumidor sea favorecido con un alimento fresco. Por este motivo, las películas comestibles son novedosas y eficientes a la hora de

proteger un producto alimenticio, ayudando al planeta con el uso de envases no renovables Yang *et al.*, (2000).

Por otra parte, existe la necesidad de contribuir con tecnologías baratas y seguras que puedan ser aplicadas en productos ecuatorianos, con la finalidad de mejorar la calidad y vida postcosecha de los mismos. Tal es el caso de la mayoría de tomates Cherry, ya que, a pesar de ser frutos altamente rentables, los productores enfrentan pérdidas económicas sustanciales, debido a que es un fruto altamente perecedero.

El albedo es un tejido con alto contenido de fibra que se encuentra en una gran cantidad frutas cítricas, es de color blanco y esponjoso el cual se encuentra en la cáscara. Por su contenido en fibra, este material puede considerarse un ingrediente funcional y al mismo tiempo una buena fuente de pectina-oligosacáridos con actividad prebiótica Diaz, (2012).

Este trabajo investigativo es planteado y se desarrollará tomando en cuenta los aspectos anteriores, ya que es necesario e importante que la investigación sobre películas comestibles, permita ayudar a la preservación y durabilidad de tomates altamente perecibles. Además, se establecen criterios de evaluación mecánica y sensorial de las películas desarrolladas con almidón de papa, la cual es abundante en Ecuador.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Desarrollar, caracterizar y evaluar una película comestible con base a almidón de papa (*Solanum tuberosum*), sobre algunas características de calidad de tomates almacenados.

### **Objetivos Específicos**

Obtener almidón de papa para su uso en películas comestibles con 3 niveles de albedo crítico deshidratado.

Analizar la funcionalidad, biodegradabilidad y resistencia de películas comestibles.

Evaluar las variables de calidad físicas y químicas y la vida útil de tomate frente a film plástico para alimentos en tomate Cherry almacenado durante 12 días en condiciones ambientales.

## **Hipótesis**

### ***Hipótesis nula***

El uso de películas comestibles empleando almidón de papa con varios niveles de albedo no prolongan la vida útil del Tomate Cherry en forma estadísticamente significativa.

### ***Hipótesis de la investigación***

El uso de películas comestibles empleando almidón de papa con varios niveles de albedo, prolongan la vida útil del Tomate Cherry en forma estadísticamente significativa.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### Cultivo de papa

La papa (*Solanum tuberosum*) tiene su origen en algunas regiones del Ecuador, es el alimento más consumido en la Sierra ecuatoriana en las provincias de Carchi, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo y Cotopaxi, en el país se produce 480 000 toneladas en 66 000 hectáreas, con un rendimiento de 7.7 toneladas por hectárea. Se conoce alrededor de 400 especies entre el grupo Andígena y Phureja, en esta última clase se encuentran la papa chaucha y criolla, las cuales son las variedades más consumidas, se producen entre los 3 y 4 meses en una altitud de hasta 3400 msnm Romero, (2019).

#### Clasificación taxonómica

**Tabla 1**

*Clasificación taxonómica de la (Solanum tuberosum)*

<b>Taxonomía</b>	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	Solanum
Especie:	S. tuberosum
Nombre vulgar:	Papa, Patata

*Nota.* Esta tabla muestra los taxones y el nombre vulgar que pertenece la papa. Tomado de: Inostroza *et al.*, (2014).

#### Requerimientos del cultivo

Este cultivo necesita un suelo franco arenoso, con un pH de 6.2 a 8.0, sin humedad, pero el exceso da como resultado un tubérculo con un bajo contenido de almidón, acuosos y desabridos; respecto a la temperatura la papa es de clima templado frío de 20 y 25°C, las

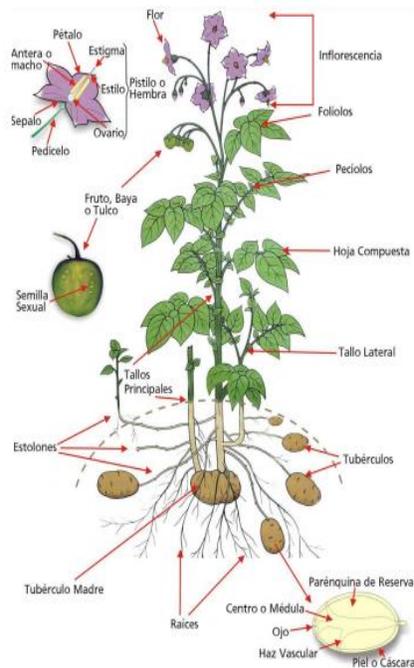
temperaturas altas provocan ausencia del tubérculo, hay que considerar que es sensible a las heladas tardías; la luz ayuda en actividades fotosintéticas favoreciendo la floración y fructificación Basantes, (2015).

### Botánica del cultivo

La planta está constituida por un tallo principal, el cual nace del brote de la semilla, el tallo secundario surge de la yema subterránea del tallo principal; el estolón es un tallo que conduce los azúcares depositados en los tubérculos como almidones; las raíces se encargan de absorber el agua; las hojas son encargadas de transformar la energía solar en alimentaria; las flores tienen alrededor de cinco pétalos con un color entre blanco y morado, el fruto es una baya redonda u ovalada con un color verde, amarillenta y violeta, el tamaño es de 5 cm; la semilla es el tubérculo el cual se usa en la producción Cuesta *et al.*, (2022).

### Figura 1

*Partes de la planta de Solanum tuberosum*



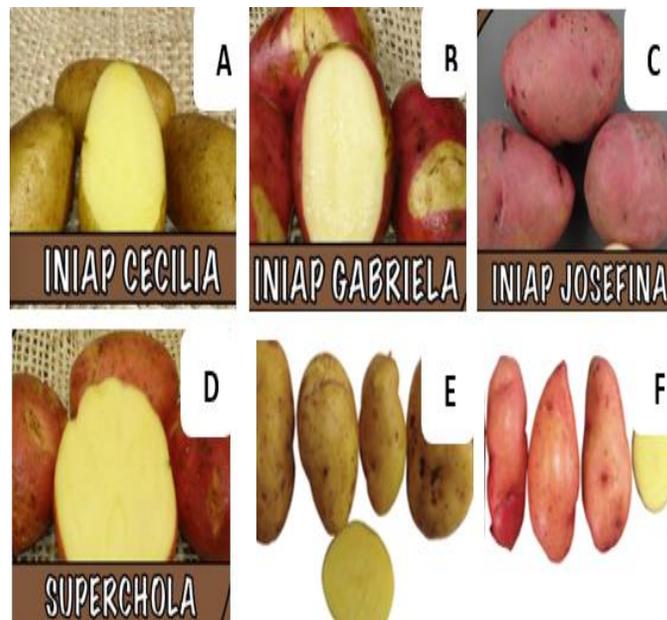
*Nota.* La planta de papa y sus partes Tomado de: Huarte *et al.*, (2013).

## Variedades de papa en Ecuador

De acuerdo con INIAP, (2022) en Ecuador encontramos gran cantidad de variedades de papa en las que podemos mencionar a las más conocidas: INIAP-Cecilia con un color de piel amarillo claro, de forma elíptica; INIAP-Gabriela con un color de piel rosado intenso combinado con blanco-crema, de forma ovalada; INIAP Josefina de color de piel rojo pálido, de forma oblonga; Superchola de color de piel rosado combinado con blanco-crema, de forma ovalada y Chaucha tiene un color de piel rojo-tenue, de forma elíptica, cabe mencionar que todas las variedades mencionadas tienen un color de pulpa amarillenta Cuesta *et al.*, (2022).

### Figura 2

*Variedades de Solanum tuberosum*



Nota. A. INIAP Cecilia, B. INIAP Gabriela, C. INIAP Josefina, D. Superchola, E. Chaucha amarilla, F. Chaucha roja. Tomado de: Cuesta *et al.*,(2022).

### Composición nutricional

La composición nutricional de la papa variedad Chaucha, según Santillán (2022), se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Composición química en 100 g de papa*

<b>Componentes</b>	<b>g/100g de materia fresca (Cantidad (g))</b>
<b>Almidón</b>	<b>84.5</b>
Proteína	8.5
Hierro	4.2
Fibra	2.5
Potasio	0,731

*Nota.* Composición nutricional de 100g de papa Chaucha. Tomado de: Santillán, (2022).

### **Almidón**

El almidón es un polisacárido energético, el cual se encuentra en tubérculos (papa, yuca, camote), semillas, frutas, raíces y cereales (trigo, arroz), conformado por amilosa y amilopectina con 20% y 80% respectivamente; cada tipo de almidón de acuerdo a su estructura se distingue por tener diferentes propiedades funcionales que son aprovechadas en la industria alimentaria y no alimentaria Marín, (2016).

### **Almidón de papa**

El almidón de papa almacena energía, su cantidad depende de la variedad y su estado de madurez, pero se puede mencionar un rango de 66 a 85%, su uso es frecuente en la industria por su baja temperatura en la gelatinización y baja capacidad de asociarse a una estructura ordenada. Al momento de ser modificado ya sea física o químicamente aumenta las propiedades implicando diferentes factores como: temperatura, tipo tratamiento y tiempo, dependiendo directamente su utilización Vargas *et al.*, (2016).

En las papas, el contenido de almidón compone su principal fuente de almacenamiento de energía y el contenido varía del 15% al 20% según la variedad de la planta y las condiciones de crecimiento. En comparación con el almidón de otras fuentes, el de la papa tiene un alto contenido en peso y fósforo (0,08%). La composición fisicoquímica del almidón en las papas

también diferirá según la zona de cultivo, fertilizante y estado del ciclo de crecimiento botánico. La amilopectina del almidón de la papa constituye el 70-80% del peso, independientemente del tamaño de partícula Vera *et al.*, (2020).

### **Películas comestibles (PC)**

Las películas comestibles se producen a base de carbohidratos por sus propiedades mecánicas y sus barreras a soluciones con baja polaridad; al ser hidrofílica presenta una resistencia baja a la hora de perder agua; al tener una selectividad respecto a permeabilidad de oxígeno y al dióxido de carbono crea una atmósfera modificada en los alimentos dando como resultado un incremento de vida útil al producto Aguilar, (2005).

Al fomento de formarse la película se forma un gel. Los materiales que se han estudiado en la fabricación de películas comestibles son: almidón, quitosano, pectina, goma, alginato, carragenina, estos ingredientes tienen la propiedad de ser polímeros solubles en agua, incremento de la viscosidad y sobre todo se produce una cadena más larga Aguilar, (2005).

Se tiene como polímeros a los polisacáridos y a las proteínas que estas constituyen una red molecular cohesionada por una alta interacción entre sus moléculas, las cuales les confiere buenas propiedades mecánicas y le da una barrera a gases como son  $O_2$  y  $CO_2$ , lo cual hacen que se tarde la respiración y así evitar el envejecimiento de una gran cantidad de hortalizas, frutas, etc. En la industria alimentaria lo que más se usa son los hidrocoloides, puesto que estos son parte de la mayoría de formulaciones que en la actualidad están en el mercado Fernández *et al.*, (2015).

### **Elaboración de películas comestibles**

En la elaboración de una solución formadora de película se deben agregar agentes plastificantes entre los cuales se encuentran: sorbitol, glicerol, propilenglicol o polietilenglicol, ya que estos ayudan a que haya una disminución de las fuerzas intermoleculares cuando se da una interacción con los grupos amino y ácido de la proteína, lo cual hace que haya un incremento en la movilidad de la película. Los cambios que se dan en la organización molecular

hacen que se modifique la funcionalidad de las películas aumentando su flexibilidad y reduciendo su resistencia mecánica y la rigidez. Entre otras propiedades es que se ven con claridad cómo son afectadas en las películas por la adición de plastificantes, son la solubilidad y las barreras Montalvo *et al.*, (2012).

### **Atmósferas modificadas y controladas**

Las atmósferas controladas se originaron en 1925 en Inglaterra estudiando el aumento de CO<sub>2</sub> y la disminución del O<sub>2</sub>, mejorando la conservación de la manzana investigada por Quid y Est. La atmósfera controlada presenta una concentración de los gases existentes en el ambiente, prolongando la maduración en frutas y vegetales, la forma en que actúa es alargando el tiempo de descomposición al disminuir la tasa de respiración, los consumidores buscan un alimento que conserve sus características organolépticas y nutritivas, aportando calidad al alimento De la Vega *et al.*, (2017).

Las atmósferas modificadas son una técnica que viene desde la antigüedad, la cual fue utilizada por los chinos y los egipcios, desde hace miles de años para poder preservar diferentes tipos de alimentos. Pero en los años de 1819 y 1820 fue cuando Barnard y Nyce de Francia y EE. UU, respectivamente realizaron las primeras observaciones del efecto de las atmósferas modificadas en la maduración de las frutas.

El primer trabajo que se realizó de forma experimental para desarrollar las atmósferas controladas en forma de tecnología fue por los años 70 por Quid y Est en Inglaterra los cuales hallaron que la disminución de la concentración de O<sub>2</sub> o el incremento en la concentración de CO<sub>2</sub>, hace que se reduzca la velocidad metabólica de la manzana, lo cual hace que se alargue su vida en postcosecha.

Es en 1939 donde se almacenaron más de 40 toneladas de manzana en atmósferas controladas, desde ahí esta técnica fue mejorada y se ha dado importancia en la conservación de alimentos de origen vegetal y animal. Las atmósferas modificadas es una técnica física la cual no deja residuos químicos en los alimentos y hace referencia a cualquier atmósfera que

tenga un contenido gaseoso diferente a la del aire normal (20-21 % de O<sub>2</sub>, 0,03 % de CO<sub>2</sub>, 78-79% de N<sub>2</sub> y trazas de otros gases). Las atmósferas controladas son atmósferas controladas durante todo el período de almacenamiento, empaque o transporte Yahia, (1995).

### **Albedo**

El albedo es un tejido con un alto contenido de fibra el cual podemos encontrar en las frutas cítricas, también es conocido como mesocarpio de la fruta, es la parte interna entre el endocarpio y epicarpio; se encuentra en la cáscara y tiene un color blanquecino, de aspecto esponjoso; contiene una alta cantidad de fibra, su actividad prebiótica se da gracias a la fuente de oligosacáridos pécticos; el albedo fresco tiene alrededor de 75 a 80% de agua Díaz *et al.*, (2012).

### **Liofilización**

La liofilización es un método de conservación por medio de sublimación; combina dos procesos la congelación y la deshidratación, no utiliza ningún tipo de producto químico o conservante, es un tratamiento fiable en la preservación de células, enzimas, levaduras, frutas, entre otros. Al momento del secado el producto no altera sus propiedades y si se necesita rehidratar, se logra sencillamente Ramírez, (2007).

La liofilización está compuesta por etapas:

- **Congelación.** - Una vez que se tiene el producto listo para la liofilización se llevará a cabo el proceso de congelación el cual congela el agua del producto a una temperatura de -20°C a -40°C.
- **Secado primario.** - En esta fase ocurre el proceso de sublimación del hielo dando bajas temperaturas y presiones, cuando se transfiere la energía se tiene que realizar a una velocidad baja de lo contrario ocurrirá una fusión local del hielo.
- **Secado secundario.** - Es el último paso de liofilización, se elimina el agua residual por medio de desorción en la fase de soluto, el secado primario deja al producto con un

contenido de agua entre 10 a 35%, la finalidad de este proceso es disminuir todo el contenido de humedad Fuentes *et al.*, (2018).

El proceso de liofilización permite en el almidón detener el incremento del contenido resistente hasta su cuantificación Loor, (2008).

### **Tomate Cherry (*Lycopersicon esculentum Mill*)**

El tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*), originario de América desde Chile a Perú, es una planta perenne, forma parte de la familia de las Solanáceas; puede alcanzar una altura de uno a tres metros, con un tallo leñoso y débil. En el mundo a nivel de superficie se encuentra en segundo lugar después de la papa.

Es un fruto pequeño, de acuerdo a su variedad se puede tener de 1 a 3 centímetros de diámetro, con una variedad de colores que van entre rojo, amarillo y anaranjado, tiene forma esférica achatada, crece numerosamente en las ramas y tallo de la planta. Se puede cultivar tanto en campo como en invernadero para tener un mejor control del cultivo Grijalva *et al.*, (2014).

Es una hortaliza de gran importancia económica, en el año 2018 a nivel mundial se obtuvo una producción de 423.3 millones de toneladas y una ganancia de \$190.4 billones de USD. El país que más consume este cultivo es China, además en el mismo año tuvo una producción de 25,5% quedando en primer lugar, le sigue India y Estados Unidos. En los últimos años en nuestro país se ha tenido una cantidad reducida en cuanto a producción y cosecha, teniendo 1631 hectáreas en el 2017 en las provincias de Loja, Carchi y Guayas Pezo *et al.*, (2021).

### **Composición nutricional**

La composición nutricional del tomate Cherry, según EFSA, (2010), se presenta en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Composición química en 100 g de porción comestible de Tomate Cherry*

<b>Componente</b>	<b>Cantidad (g) en 100 g</b>
Energía (Kcal)	22
Proteínas (g)	1
Lípidos totales (g)	0,11
Hidratos de carbono (g)	3,5
Fibra (g)	1,4
Agua (g)	94
Calcio (mg)	11
Hierro (mg)	0,6
Magnesio (mg)	10
Potasio (mg)	290
Fósforo (mg)	27
Vitamina A: Eq. Retinol (µg)	82.3
Vitamina C (mg)	26
Vitamina E (mg)	1,2

*Nota.* Composición química de tomate Cherry.  
Tomado de: EFSA, (2010).

### **Características organolépticas**

- **Color:** podemos encontrar diferentes tonalidades entre verde a rojo, dependiendo del grado de madurez y sobre todo la variedad.
- **Apariencia:** tiene una piel fina con superficie lisa, la cavidad seminal es mucilaginosa y la pared intermedia tiene una carne densa.
- **Sabor:** ligeramente ácido y dulce, con valores °Brix entre 6-8 en frutos maduros  
Fonseca, (2015).

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### Área de estudio

El estudio se realizará en el campus de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, Hacienda El Prado, ubicado en la parroquia San Fernando, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha (Figura 3). Geográficamente se localiza a 78° 24' 44" LO, 0° 23' 20" LS y 2748 m de altitud. Con una temperatura media anual de 14°C, precipitación anual de 1300, cuenta con un piso altitudinal montano bajo Arce, (2009).

#### Figura 3

*Mapa satelital de la ubicación geográfica del IASA I*



*Nota.* Adaptado de Google Maps.

#### Materiales

##### *Material vegetal*

- Papa Chaucha para la extracción del almidón obtenido de mercados de Quito.
- Toronja para la extracción de albedo obtenido en mercados de Quito.
- Tomate Cherry de la variedad Sweet Heaven, recién cosechado en la parroquia Checa, que cuenta con una temperatura media anual de 12.9°C, precipitaciones promedias de 1953 mm, ubicada en la provincia de Pichincha.

- Se adquirió 2.5 kilos de tomate Cherry descartando los que sufren de algún tipo de daño, al final se obtienen 120 tomates en condiciones similares, con el mismo estado de madurez.

#### **Figura 4**

*Tomate Cherry con el que se montó el experimento*



*Nota.* Materia prima obtenida del sector de Checa, lavados y desinfectados. Autoría propia.

#### *Equipos y reactivos*

- Refrigerador
- Equipo liofilizador
- Balanza analítica
- Estufa
- Olla eléctrica
- Micrómetro
- Equipos de titulación
- Morteros
- Refractómetro

- Matraz volumétrico de 500 ml
- Vasos de precipitación de 500 ml
- Vasos de precipitación de 100 ml
- Vasos de precipitación de 30 ml
- Probeta de 500 ml Pipetas de 1 y 10 ml
- Bureta de 50 ml
- Licuadora
- Papel filtro
- Embudo
- Baño María
- Termómetro
- Hidróxido de sodio
- Fenolftaleína
- Agua destilada
- Goma Xanthan
- Glicerina
- Albedo
- Almidón de papa
- Tarrinas plásticas

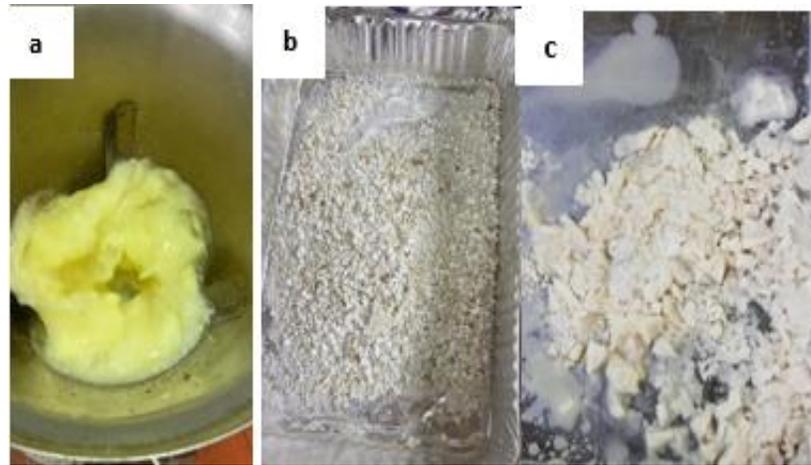
### **Producción del almidón**

Para la extracción del almidón fue necesario 1 kilo de papa, se retiró la cáscara para realizar un nuevo lavado y continuar pesando nuevamente para calcular el rendimiento por separado entre la papa pelada y la cáscara, luego se colocó en la licuadora industrial en una relación de 1:2 de papa y agua, procedemos a separar la fibra de la solución, dejamos reposar por 1 hora, se separó el almidón del agua y colocándolo en un secador de bandejas a una

temperatura de 35°C, en el momento que ya se tiene la muestra seca se procede a rehidratar con agua destilada en una relación de 1:4, para colocarlo en congelación y así poder liofilizar por 14 horas. Para lograr la modificación del almidón.

### Figura 5

*Procedimiento para la extracción de almidón de papa*



*Nota.* a. Papa licuada, b: almidón, c: almidón congelado listo para meter al equipo liofilizador. Autoría propia.

Para calcular el rendimiento de almidón se utilizó la ecuación propuesta por Cuadrado, (2019).

$$\text{Rendimiento} = \frac{M_s}{M_e} * 100$$

En donde:

$M_e$ =Masa de entrada (g)

$M_s$ =Masa de salida (g)

### Producción de albedo

Se procedió a separar la cáscara de la toronja, quitando el endocarpio del mesocarpio el cual es conocido como albedo (parte blanca de la piel de los cítricos), se seca en la estufa a 50°C para una vez seca, se muele y tamiza, para tener partículas del mismo tamaño.

## **Fabricación de película comestible**

Para la elaboración de películas comestibles se utilizó almidón de papa, el 82.5 % de agua, mitad para homogeneizar con el almidón y la otra mitad para la goma Xanthan, 10% de glicerina, 0.5% de goma Xanthan y 1% de albedo de toronja. Se comienza mezclando el almidón de papa con el agua y la otra mitad del agua con la goma Xanthan, en baño maría, se coloca el vaso de precipitación con el almidón, hasta cuando llegue a gelatinizar, se añade gradualmente la glicerina, seguidamente se coloca la goma Xanthan, en el momento que se tiene una mezcla blanquecina se coloca el albedo; se continúa con el calentamiento hasta la completa gelatinización que se determina cuando el conjunto se torna traslúcido por último se extiende en bandejas de plástico para secar por 24 horas a  $20^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ .

### **Figura 6**

*Películas comestibles a base de almidón de papa*



*Nota.* Películas comestibles de los tres tratamientos previos al secado. Autoría propia.

**Tabla 4***Cantidad de ingredientes para cada tratamiento*

<b>Materiales</b>	<b>Tratamiento 1</b>		<b>Tratamiento 2</b>		<b>Tratamiento 3</b>	
	<b>%</b>	<b>Gramos</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>	<b>%</b>	<b>Gramos</b>
Agua destilada	83.5	70,97	83	70.55	82.5	70.12
Albedo	0	0	0.5	0.5	1	1
Almidón de papa	6	5.1	6	5.1	6	5.1
Glicerina	10	8.5	10	8.5	10	8.5
Goma xantana	0.5	0.42	0.5	0.42	0.5	0.42
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>85</b>	<b>100</b>	<b>85</b>	<b>100</b>	<b>85</b>

*Nota.* Ingredientes utilizados en la elaboración de películas comestibles, en cada tratamiento varía la cantidad de albedo y agua destilada. Autoría propia.

### **Acondicionamiento del tomate**

Se utilizaron tomates Cherry seleccionados de la variedad Sweet Heaven tomando en cuenta los siguientes criterios: color, madurez, apariencia, libres de infestación y de defectos físicos. Posteriormente se los limpió con papel de cocina y desinfectante de frutas, no se recomienda un lavado a base de agua ya que provoca que el tomate absorba dicha agua y madure más rápido.

### **Establecimiento del ensayo**

Para el establecimiento del ensayo se utilizó 12 tarrinas plásticas, colocando 10 tomates Cherry, en cada tarrina, luego se procedió a retirar la película de la bandeja plástica previamente seca y posteriormente se colocó en la tarrina de los tomates Cherry la cual funciona como tapa de la tarrina sin permitir el ingreso de aire al interior del producto, proporcionando un ambiente controlado, hay que recordar que el tomate estará en un estado de madurez de Grado 4 el cual es de color rosado (más de 30% y menos de 60% de coloración rosada), el ensayo tuvo una duración de 12 días a temperatura ambiente ( $15\pm 1^{\circ}\text{C}$ ). Las bandejas de cada tratamiento se ubicaron completamente al azar en un cuarto de almacenamiento, ubicado en el laboratorio de post cosecha de la Hacienda el Prado-IASA I.

## Figura 7

*Establecimiento del ensayo*



*Nota.* Tratamientos ubicados en laboratorio de post cosecha de la Hacienda el Prado. Autoría propia

## Pruebas físicas, mecánicas y de biodegradabilidad de la película comestible

### Espesor (mm)

El grosor de la película se midió mediante un micrómetro (Modelo MDC-1 “SB”, AMES, EE.UU.), con una precisión de 0.001 mm. El espesor promedio se calculó a partir de cinco mediciones tomadas al azar, en distintos lugares de cada película.

## Figura 8

*Micrómetro de 0 a 12.7 mm*



*Nota.* Calibrador espesor, utilizado para medir el espesor de cada tratamiento. Autoría propia.

### Contenido de humedad (%)

El contenido de humedad se realizó de acuerdo a la pérdida de peso, utilizando el método Rubilar *et al.*, (2013). Se tomó tiras de la película de 2x2cm, se mandó a la estufa a 90°C hasta obtener un peso constante, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ humedad} = \frac{M0 - M1}{M0} * 100$$

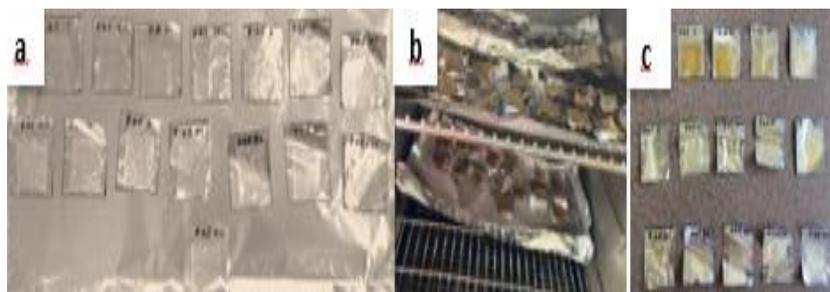
En donde:

M0: Peso húmedo de la película

M1: Peso seco de la película

### Figura 9

*Evaluación de Contenido de Humedad (%)*



*Nota.* a) Muestras de películas húmedas, b) muestras de películas en estufa, c) muestras de películas secas. Autoría propia.

### Solubilidad del agua (%)

La solubilidad se realizó utilizando el método descrito por Rubilar *et al.*, (2013), para comenzar se secó en estufa tiras de películas de 2x2 a una temperatura de 105°C, hasta obtener un peso constante con ayuda de una balanza, seguidamente se colocó en 20 ml de agua destilada y se mandó a baño maría con 25°C durante 24 horas, por último, se tomó la muestra no disuelta con ayuda de una filtración y se puso nuevamente a la estufa a 105°C hasta obtener una vez más un peso constante, de esta manera se obtuvo el peso de la película que no se solubilizo. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ solubilidad} = \frac{M1 - M2}{M2} * 100$$

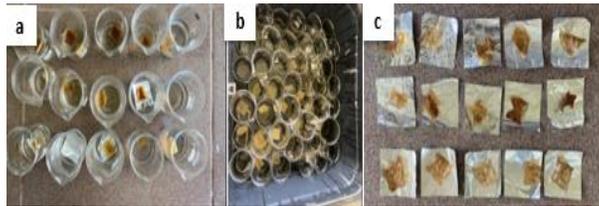
En donde:

M1: Extracto seco inicial de la película

M2: Extracto seco final de la película

### Figura 10

Proceso de evaluación de solubilidad



Nota. Muestras de películas obtenidas en contenido de humedad, b) muestras en baño maría, c) muestras de películas secas. Autoría propia.

### Elongación relativa (%)

La elongación es la deformidad que adquiere la película respecto a la longitud original hasta el momento en el que se rompe. Se utilizó el método descrito por Marzo, (2010) Se puede determinar mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Elongación} = \frac{Lf - L0}{L0} * 100$$

En donde:

Lf: Longitud final de la película

L0: Longitud inicial de la película

### Biodegradabilidad

Para esta prueba se utilizó el método descrito por González *et al.*, (2011) , se realizó en condiciones anaerobias con 15 muestras para cada tratamiento con tiras de 2x2 cm, teniendo el peso inicial, se colocó en un recipiente plástico, con un suelo arcilloso el cual contiene un pH

de 5,81 y materia orgánica de 3,58%, se llenó con este tipo de suelo y se enterró las tiras en 2 cm de profundidad, luego se procedió a calcular el peso perdido en un lapso de 7, 14, 21 y 30 días, secándose previamente a 65°C durante 1 hora.

Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% P \text{ perdido} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

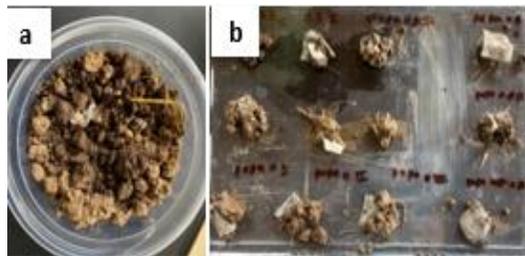
*En donde:*

*P<sub>i</sub>*: Peso húmedo inicial de la película

*P<sub>f</sub>*: Peso seco final de la película

### **Figura 11**

*Evaluación de biodegradabilidad de películas*



*Nota.* a) establecimiento de películas en tierra, b) resultado de películas para estufa. Autoría propia.

### **Pruebas visuales, y físicas de la película comestible con el tomate Cherry**

#### **Recolección de datos**

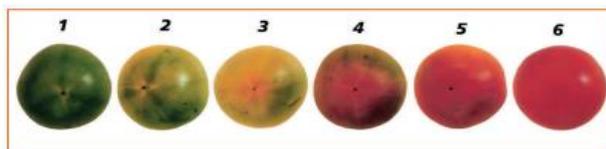
El ensayo tuvo una duración de 12 días en lo que se recolectó datos de peso en el día 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12; al inicio y final del estudio se tomó datos como: pH, grados Brix, acidez titulable, color, daños visibles, firmeza y apariencia.

#### **Color**

Se determinó mediante una escala de colorimetría según Rivero (2013), en el cual se presentan las siguientes características:

## Figura 12

Escala de colorimetría de tomate Cherry



Nota. En la escala se tiene números diferentes otorgando un color al tomate. Tomado de: Mendoza (2013).

## Tabla 5

Escala de color de tomate con la característica distintiva

Escala	Características
Etapa 1	100% del tomate se encuentre de color verde.
Etapa 2	Cambia el color verde a un amarillo pálido.
Etapa 3	Tiene un color amarillento-marrón con un ligero tono rojo.
Etapa 4	Se presentan colores entre amarillento con rosado y rojo.
Etapa 5	Más del 30% presenta un color amarillento con rojo suave.
Etapa 6	Más del 60% presenta un color rojo.

Nota. Se tiene una escala desde 1 en el que el tomate es 100% verde hasta >6 un rojo intenso. Tomado de: Rivero, (2013).

## Firmeza

Se utilizó un método subjetivo, empleando la yema de los dedos con la escala propuesta por Kader *et al.*, (1978), teniendo en cuenta variables entre extra duro a extra blando, presentándose en la siguiente tabla:

## Tabla 6

Escala de Kader *et al.*, (1978), para evaluar la firmeza del tomate

Escala	Clase	Resistencia al tacto de los dedos
1	Extra blando	El fruto se deforma fácilmente aplicando una presión suave
3	Blando	El fruto cede con facilidad cuando aplicamos una presión suave
5	Firme	El fruto cede suavemente al aplicar una presión moderada
7	Duro	El fruto no cede al aplicar presión
9	Extra duro	El fruto no se deforma al aplicar presión

Nota. Se tiene una escala de 1 a 9 teniendo una firmeza desde extra blando a extra duro.

## Daños visibles

Se utilizó la escala de Zambrano y Materano, (1999), citada por Pilataxi, (2019), en la que se observa la incidencia de daños en el fruto o aquellos que presentan algún tipo de daño, evaluando el aspecto del fruto al inicio del ensayo y al cabo de 12 días en la finalización del experimento.

**Tabla 7**

*Escala de Zambrano y Materano (1999), para evaluar los daños visibles del tomate*

<b>Escala</b>	<b>% del fruto con lesión</b>	<b>Interpretación</b>
1	0	Sin ningún tipo de lesión.
2	<10	Mínima lesión del 10%.
3	50	Lesión en más de la mitad del fruto.
4	100	Fruto totalmente lesionado.

*Nota.* Se tiene una escala de 1 sin lesiones en el fruto y a partir de 2 se tiene diferentes porcentajes de daños en el producto.

## Apariencia

El método que se utilizó fue subjetivo, empleando la escala de Zambrano y Materano, (1999), citada por Pilataxi, (2019), evaluando el aspecto del fruto al inicio del ensayo y al cabo de 12 días que duró el experimento, basándonos en la siguiente tabla:

**Tabla 8**

*Escala de Zambrano y Materano (1999), para evaluar la apariencia del tomate*

<b>Escala</b>	<b>Interpretación</b>
1	Fruto no aceptable.
2	Fruto moderadamente aceptable.
3	Fruto aceptable a nivel comercial.
4	Fruto bueno.
5	Fruto excelente.

*Nota.* Se observa una escala de apariencia desde 1 a 5 entre fruto no aceptable y excelente

### **Pérdida de peso (%)**

En la pérdida de peso se utilizó el método descrito Barco *et al.* (2011), el que se evaluó mediante una balanza, pesando cada tarrina con 10 tomates de la variedad Sweet Heaven y sus respectivas películas desde el día 0 en el que se montó el experimento, pesando cada 2 días, hasta el día 12 con la finalización del ensayo. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$Pp = \frac{Pi - Pf}{Pi} * 100$$

*En donde:*

*Pp* = Peso promedio

*Pi*=Peso inicial

*Pf*= Peso final

### **Sólidos Solubles (°Brix)**

Para determinar los sólidos solubles se trituró el tomate con ayuda de un mortero hasta obtener una mezcla uniforme entre pulpa y cáscara del producto, por último, con ayuda de un refractómetro digital brix, se dio la correspondiente lectura encerando el equipo con agua destilada para tener un dato preciso.

### **Figura 13**

*Evaluación de sólidos solubles*



*Nota.* Muestra de tomates en refractómetro digital Brix. Autoría propia.

## Acidez titulable (%)

La medición de la acidez se realizó licuando 25 g del tomate, se aforó con agua destilada a 250 ml, esto se coló con ayuda de papel filtro, para luego medir en una probeta 25 ml de la solución lo que será utilizado para la titulación con hidróxido de sodio. Para obtener los valores de acidez se empleó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ acidez} = \frac{B * N * K}{W} * 100$$

*En donde:*

*B* = NaOH consumido de la titulación (mL)

*N* = Normalidad del NaOH (0.1N)

*K* = Constante de acidez del ácido predominante en la fruta (ácido cítrico) =0.064

*W* =Peso o volumen de la muestra (mL)

## Figura 14

*Proceso de evaluación de acidez titulable*



*Nota.* Obtención de acidez titulable, por titulación con NaOH 0.1 N en las muestras. Autoría propia.

## pH

La evaluación del pH se realizó al final del tiempo de almacenamiento, para este proceso se pesó 25 g de tomate con 250 ml de agua destilada, por último, se procedió a medir con el pHmetro, agitando constantemente.

## Figura 15

Obtención de pH de tomate



Nota. Obtención de pH con ayuda de un pHmetro. Autoría propia.

## Vida útil

Consiste en el período desde que se produce el alimento hasta la fecha de caducidad, es decir, hasta el momento en el que ya no se puede consumir, ya que es el tiempo del producto que ha perdido su calidad y sus características. El último paso para llegar al final de la vida útil trata de tener un mínimo nivel de calidad, tener todas sus propiedades fisicoquímicas tales como: homogéneas, estables y estructurales; sensoriales tales como: textura, estructura, sabor y aroma Escalona *et al.*, (2019). Para el presente estudio se seleccionó la variable porcentaje de pérdida de peso como la variable de calidad de importancia para el consumidor, el cual establece al 9 % como valor máximo de aceptabilidad Escalona *et al.*, (2019). Para determinar el tiempo de vida útil se utilizará la ecuación de Labuza, (1982).

$$A = A_0 e^{-kt}$$

En donde:

$A$  =calidad al tiempo  $t$

$A_0$ = calidad al tiempo inicial

$k$ =constante de la reacción

Linealizando la ecuación se tiene:

$$\ln A = \ln A_0 - kt$$

El tiempo de vida útil podría obtenerse despejando  $t$ :

$$t = \frac{\ln A - \ln A_0}{-k}$$

## Diseño Experimental

Se utilizará un diseño completamente aleatorizado (DCA). Se realizaron 3 películas comestibles con 3 porcentajes de albedo de toronja para cada tratamiento (T1, T2, T3), más un testigo sin película comestible, que constara de papel film plástico, se obtuvo 4 tratamientos con 3 repeticiones. Se utilizó el siguiente modelo matemático:

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

En donde:

$Y_{ij}$ : Número de tomates con algún tipo de daño significativo

$\mu$ : Media general

$P_i$ : Efecto de la  $i$ -ésimo de tipo de película

$\varepsilon_i$ : error aleatorio

Con respecto al análisis estadístico utilizaremos un software conocido como InfoStat. La clasificación de los tratamientos se realizará por el método de Duncan.

## Análisis visuales

Para los análisis visuales se realizó una prueba de comparación utilizando la siguiente

ecuación:  $IdC_{\pi_1}(1-\alpha) = P_1 \mp E_1$  donde  $E_1 = Z_{(1-\alpha)/2} \sqrt{\frac{P_1(1-P_1)}{N_1}}$

$$P_1 = \frac{N_{11}}{N_1}$$

$$1-\alpha = 0.95$$

$$Z_{\frac{1-\alpha}{2}} = 1.96$$

$$E_1 = Z_{\frac{1-\alpha}{2}} \times \sqrt{\frac{P_1 \times (1 - P_1)}{N_1}}$$

$$L_1 = P_1 - E_1$$

$$U_1 = P_1 + E_1$$

**Tabla 9**

*Tratamiento con sus respectivas formulaciones*

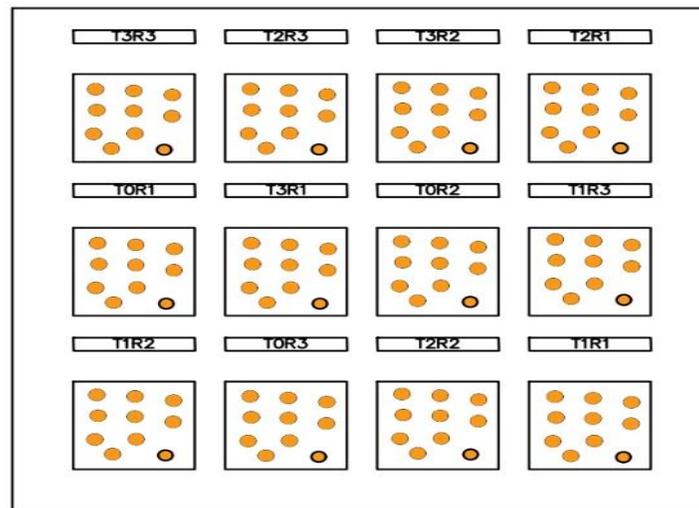
Tratamientos	Repeticiones	Formulaciones
T0	R1	Con papel film plástico
	R2	
	R3	
T1	R1	0% de albedo + almidón de papa
	R2	
	R3	
T2	R1	0.5% de albedo + almidón de papa
	R2	
	R3	
T3	R1	1% de albedo + almidón de papa
	R2	
	R3	

*Nota.* T0 (Papel film plástico), T1(Película con 0% de albedo + almidón de papa), T2 (Película con 0.5% de albedo + almidón de papa), T3(Película con 1% de albedo + almidón de papa). Autoría propia.

**Croquis del experimento**

**Figura 16**

*Distribución y establecimiento del experimento a temperatura ambiente*



*Nota.* La distribución del experimento a temperatura ambiente de los diferentes tratamientos y repeticiones con un diseño completamente al azar T0 (papel film plástico), T1 (Sin Albedo + almidón de papa), T2 (0.5 % albedo + almidón de papa), T3 (1% albedo + almidón de papa). Autoría propia.

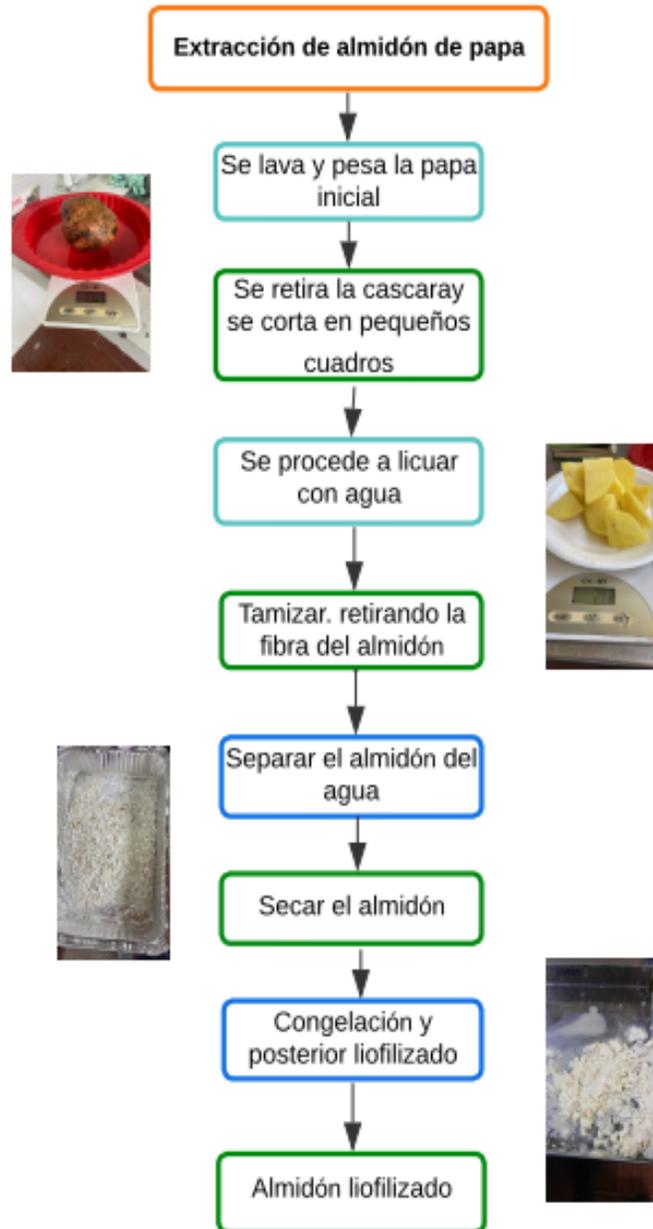
## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Resultados

Figura 17

*Procedimiento para la extracción de almidón de papa*



*Nota.* Proceso de extracción de almidón de papa

El peso inicial de la papa fue de 1000 g, luego de pasar por el correcto proceso de obtención de almidón se tuvo como peso final 352 g.

$$\text{Rendimiento} = \frac{Ms}{Me} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{352}{1000} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 35.2 \%$$

### **Análisis visuales del tomate Cherry**

#### **Tipo de Firmeza**

**Tabla 10**

*Resumen del tipo de firmeza sensorial de cada tratamiento*

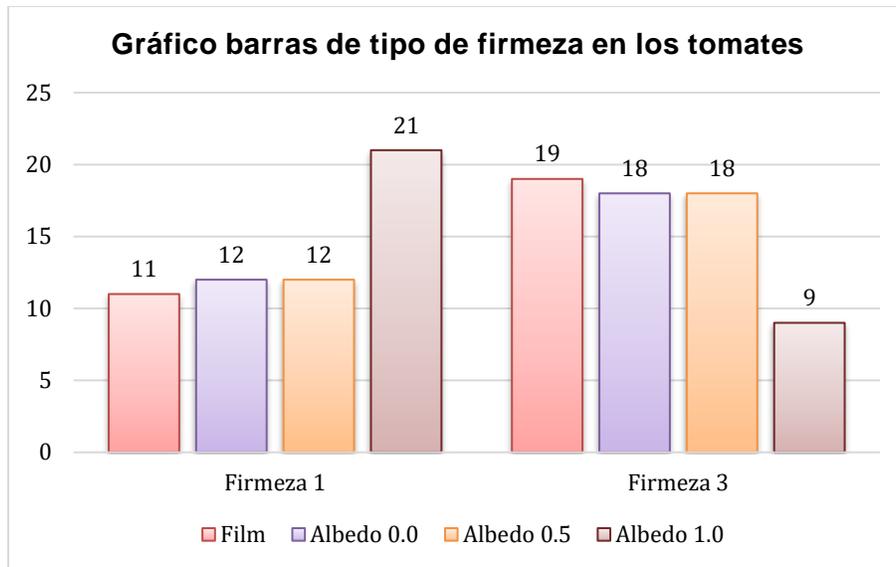
<b>Tratamiento</b>	<b>Firmeza 1</b>	<b>Firmeza 3</b>	<b>Total</b>
Film plástico	11	19	30
Sin Albedo	12	18	30
Albedo 0.5%	12	18	30
Albedo 1.0%	21	9	30
<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>64</b>	<b>120</b>

*Nota.* Tabla de frecuencia de tipo de firmeza en los tomates.

Los tomates iniciar con un tipo de firmeza 7, el cual no cede al aplicar presión con los dedos, al finalizar el ensayo se obtuvo en su mayoría tomates con un tipo de firmeza 1 y 3 que se encuentran en una clase extra blando y blando respectivamente, en los que el fruto se deforma con facilidad al aplicar presión con dedos.

**Figura 18**

*Gráfico de barras de tipo de firmeza analizado en los tomates del experimento*



*Nota.* Cambio de firmeza en los tomates de cada tratamiento.

**Tabla 11**

*Tabla de contingencia de tipo de firmeza*

Estadístico	Valor	gl	p
<b>Chi Cuadrado Pearson</b>	8,84	3	0,0315
Chi Cuadrado MV-G2	8,98	3	0,0296
Coef.Conting. Cramer	0,19		
Coef.Conting. Pearson	0,26		

*Nota.* gl=grados de libertad,  $p < 0.05$

estadísticamente significativo.

De acuerdo a la tabla 10 existen diferencias significativas en la firmeza del tomate de cada tratamiento ( $p < 0.0315$ ), se realizó una prueba de Chi cuadrado de Pearson, demostrando la firmeza en cada tratamiento no es independiente al nivel de significancia estadística.

**Tabla 12***Comparaciones de tipo de firmeza con cada límite*

	$P_1$	$1-\alpha$	$Z_{\frac{1-\alpha}{2}}$	$E_1$	$L_1$	$U_1$
$N_{11}$	36,67%	0,95	1,96	17,24%	19,42%	53,91%
$N_{12}$	63,33%	0,95	1,96	17,24%	46,09%	80,58%
$N_{21}$	40,00%	0,95	1,96	17,53%	22,47%	57,53%
$N_{22}$	60,00%	0,95	1,96	17,53%	42,47%	77,53%
$N_{31}$	40,00%	0,95	1,96	17,53%	22,47%	57,53%
$N_{32}$	60,00%	0,95	1,96	17,53%	42,47%	77,53%
$N_{41}$	70,00%	0,95	1,96	16,40%	53,60%	86,40%
$N_{42}$	30,00%	0,95	1,96	16,40%	13,60%	46,40%

*Nota.*  $L_1$  (Límite inferior),  $U_1$  (límite inferior)

La proporción de tomates cuyo grado de firmeza 1 a los 12 días cuando se aplica papel Film plástico se encuentra entre 19.42% y 53.91%; en el grado de firmeza 3 se encuentra entre 46.09% y 80.58%, con un grado de firmeza 1 cuando se aplica albedo 0% se encuentra entre 22.47% y 57.53%, en el grado de firmeza 3 se encuentra entre 42.47% y 77.53%; con un grado de firmeza 1 cuando se aplica albedo 0.5% se encuentra entre 22.47% y 57.53%; con un grado de firmeza 3 se encuentra entre 42.47% y 77.53%.

### Daños visibles

**Tabla 13***Resumen de tipo de daño visible sensorial de cada tratamiento*

Tratamiento	Daño 1	Daño 2	Daño 3	Daño 4	Total
Film plástico	9	15	6	0	30
Sin Albedo	5	13	12	0	30
Albedo 0.5%	2	10	18	0	30
Albedo 1.0%	1	17	10	2	30
Total	17	55	46	2	120

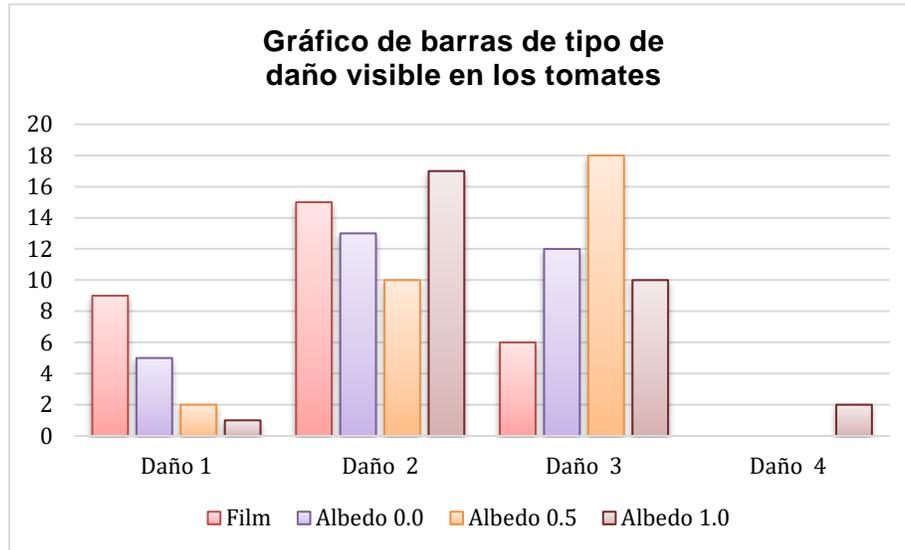
*Nota.* Tabla de frecuencia de tipo de daño visible en los tomates.

En la tabla 13 se puede observar el cambio que adquirieron los tomates, ya que se comenzó con una escala de daño 1 lo que representa sin ningún tipo de lesión, al finalizar el

ensayo se obtuvo en su mayoría una escala de daño visible entre 2 y 3, lo que representa una lesión mínima menor al 10% y lesión en más de la mitad del fruto.

**Figura 19**

*Gráfico de barras de daño visible observado en los tomates del experimento*



*Nota.* Cambio de daño visible en los tomates de cada tratamiento

**Tabla 14**

*Tabla de contingencia de tipo de daño visible*

Estadístico	Valor	gl	P
<b>Chi Cuadrado Pearson</b>	23,58	9	0,0050
Chi Cuadrado MV-G2	23,31	9	0,0055
Coef.Conting. Cramer	0,22		
Kappa (Cohen)	0,13		
Coef.Conting. Pearson	0,41		

*Nota.* gl=grados de libertad,  $p < 0.05$  estadísticamente significativo

De acuerdo con la tabla 14 existen diferencias significativas en el daño visible de los tomates de cada tratamiento ( $p < 0.0050$ ), se realizó una prueba de Chi cuadrado de Pearson, demostrando que el daño visible en cada tratamiento no es independiente al nivel de significancia estadística.

**Tabla 15***Comparaciones de tipo de daño con cada límite*

	$P_1$	$1-\alpha$	$Z_{\frac{1-\alpha}{2}}$	$E_1$	$L_1$	$U_1$
$N_{11}$	30,00%	0,95	1,96	16,40%	13,60%	46,40%
$N_{12}$	50,00%	0,95	1,96	17,89%	32,11%	67,89%
$N_{13}$	20,00%	0,95	1,96	14,31%	5,69%	34,31%
$N_{21}$	16,67%	0,95	1,96	13,34%	3,33%	30,00%
$N_{22}$	43,33%	0,95	1,96	17,73%	25,60%	61,07%
$N_{23}$	40,00%	0,95	1,96	17,53%	22,47%	57,53%
$N_{31}$	6,67%	0,95	1,96	8,93%	-2,26%	15,59%
$N_{32}$	33,33%	0,95	1,96	16,87%	16,46%	50,20%
$N_{33}$	60,00%	0,95	1,96	17,53%	42,47%	77,53%
$N_{41}$	3,33%	0,95	1,96	6,42%	3,09%	9,76%
$N_{42}$	56,67%	0,95	1,96	17,73%	38,93%	74,40%
$N_{43}$	33,33%	0,95	1,96	16,87%	16,46%	50,20%
$N_{44}$	6,67%	0,95	1,96	8,93%	-2,26%	15,59%

*Nota.*  $L_1$  (Límite inferior),  $U_1$  (límite inferior)

La proporción de tomates cuyo grado de daño es 1 a los 12 días al aplicar papel film plástico se encuentra entre 13.60% y 46.40%; en el grado de daño 2 se encuentra entre 32.11% y 67.89%, con un grado de daño 3 se encuentra entre 5.69% y 34.31%; al aplicar albedo 0% con un grado de daño 1 se encuentra entre 3.33% y 30.00%, con un grado de daño 2 se encuentra entre 25.60% y 61.07%, con un grado de daño 3 se encuentra entre 22.47% y 57.53%; al aplicar albedo 0.5% con un grado de daño 1 se encuentra entre 2.26% y 15.59%, con un grado de daño 2 se encuentra entre 16.46% y 50.20%, con un grado de daño 3 se encuentra entre 42.47% y 77.53%; al aplicar albedo 1% con un grado de daño 1 se encuentra entre 3.09% y 9.76%, con un grado de daño 2 se encuentra entre 38.93% y 74.40%, con un grado de daño 3 se encuentra entre 16.46% y 50.20% y con un grado de daño 4 se encuentra entre 2.26 y 15.59%.

## Apariencia

**Tabla 16**

*Resumen del tipo de apariencia de cada tratamiento*

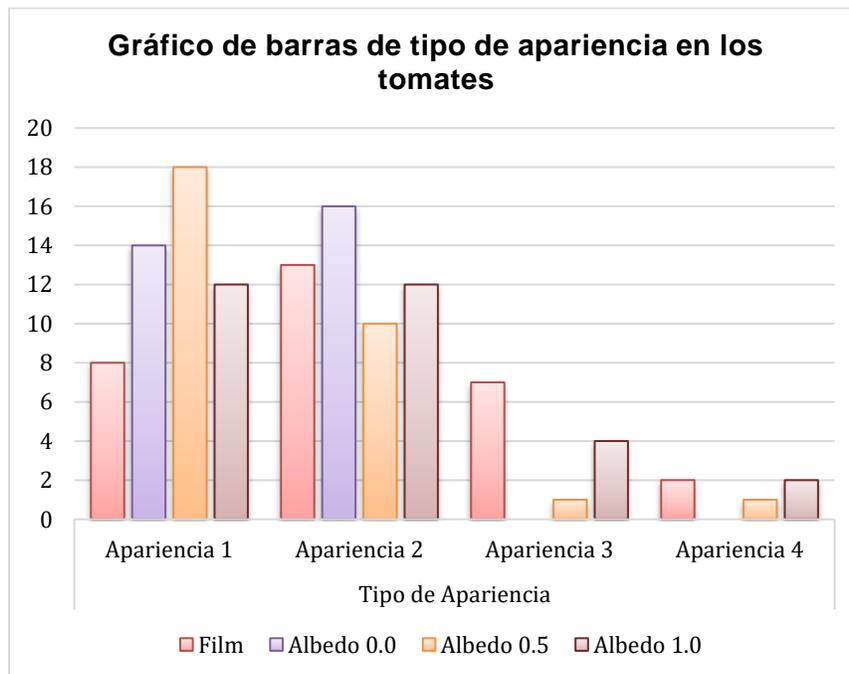
Tratamiento	Apariencia 1	Apariencia 2	Apariencia 3	Apariencia 4	Total
Film plástico	8	13	7	2	30
Sin Albedo	14	16	0	0	30
Albedo 0.5%	18	10	1	1	30
Albedo 1.0%	12	12	4	2	30
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>51</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>120</b>

*Nota.* Tabla de frecuencia de tipo de daño visible en los tomates

En la tabla 16 se puede observar el cambio de apariencia que adquirieron los tomates, ya que se comenzó con una escala tipo 4 representando a un fruto bueno, al finalizar el ensayo se obtuvo en su mayoría tomates con escala tipo 1 y 2 lo que representa un fruto no aceptable y moderadamente aceptable.

**Figura 20**

*Gráfico de barras de tipo de apariencia observado en los tomates del experimento*



*Nota.* Cambio de apariencia en los tomates de cada tratamiento

**Tabla 17***Tabla de contingencia de tipo de apariencia*

<b>Estadístico</b>	<b>Valor</b>	<b>gl</b>	<b>P</b>
<b>Chi Cuadrado Pearson</b>	17,67	9	0,0392
Chi Cuadrado MV-G2	20,84	9	0,0134
Coef.Conting. Cramer	0,19		
Kappa (Cohen)	0		
Coef.Conting. Pearson	0,36		

*Nota.* gl=grados de libertad,  $p < 0.05$  estadísticamente significativo

De acuerdo a la tabla 17 existen diferencias significativas en la apariencia de los tomates de cada tratamiento ( $p < 0.0392$ ), se realizó una prueba de Chi cuadrado de Pearson, demostrando que la apariencia en cada tratamiento no es independiente al nivel de significancia estadística.

**Tabla 18***Comparaciones de tipo de apariencia con cada límite*

	$P_1$	$1-\alpha$	$Z_{\frac{1-\alpha}{2}}$	$E_1$	$L_1$	$U_1$
$N_{11}$	26,67%	0,95	1,96	15,82%	10,84%	42,49%
$N_{12}$	43,33%	0,95	1,96	17,73%	25,60%	61,07%
$N_{13}$	23,33%	0,95	1,96	15,13%	8,20%	38,47%
$N_{14}$	6,67%	0,95	1,96	8,93%	-2,26%	15,59%
$N_{21}$	46,67%	0,95	1,96	17,85%	28,81%	64,52%
$N_{22}$	53,33%	0,95	1,96	17,85%	35,48%	71,19%
$N_{31}$	60,00%	0,95	1,96	17,53%	42,47%	77,53%
$N_{32}$	33,33%	0,95	1,96	16,87%	16,46%	50,20%
$N_{33}$	3,33%	0,95	1,96	6,42%	-3,09%	9,76%
$N_{34}$	3,33%	0,95	1,96	6,42%	-3,09%	9,76%
$N_{41}$	40,00%	0,95	1,96	17,53%	22,47%	57,53%
$N_{42}$	40,00%	0,95	1,96	17,53%	22,47%	57,53%
$N_{43}$	13,33%	0,95	1,96	12,16%	1,17%	25,50%
$N_{44}$	6,67%	0,95	1,96	8,93%	-2,26%	15,59%

*Nota.*  $L_1$  (Límite inferior),  $U_1$  (límite inferior)

La proporción de tomates cuyo grado de apariencia es 1 a los 12 días al aplicar papel film plástico se encuentra entre 10.84% y 42.49%; en el grado de apariencia 2 se encuentra entre 25.60% y 61.07%, con un grado de apariencia 3 se encuentra entre 8.20% y 38.47%; con un grado de daño 4 se encuentra entre -2.26% y 15.59%; al aplicar albedo 0% con un grado de apariencia 1 se encuentra entre 28.81% y 64.52%, con un grado de apariencia 2 se encuentra entre 35.48% y 71.19%, al aplicar albedo 0.5% con un grado de apariencia 1 se encuentra entre 42.47% y 77.53%, con un grado de apariencia 2 se encuentra entre 16.46% y 50.20%, con un grado de apariencia 3 y 4 se encuentra entre --3.09% y 9.76%, al aplicar albedo 1% con un grado de apariencia 1 y 2 se encuentra entre 22.47% y 57.53%, con un grado de apariencia 3 se encuentra entre 1.17% y 25.50% y con un grado de apariencia 4 se encuentra entre -2.26% y 15.59%.

## Color

**Tabla 19**

*Resumen de tipo de color en los tomates de cada tratamiento*

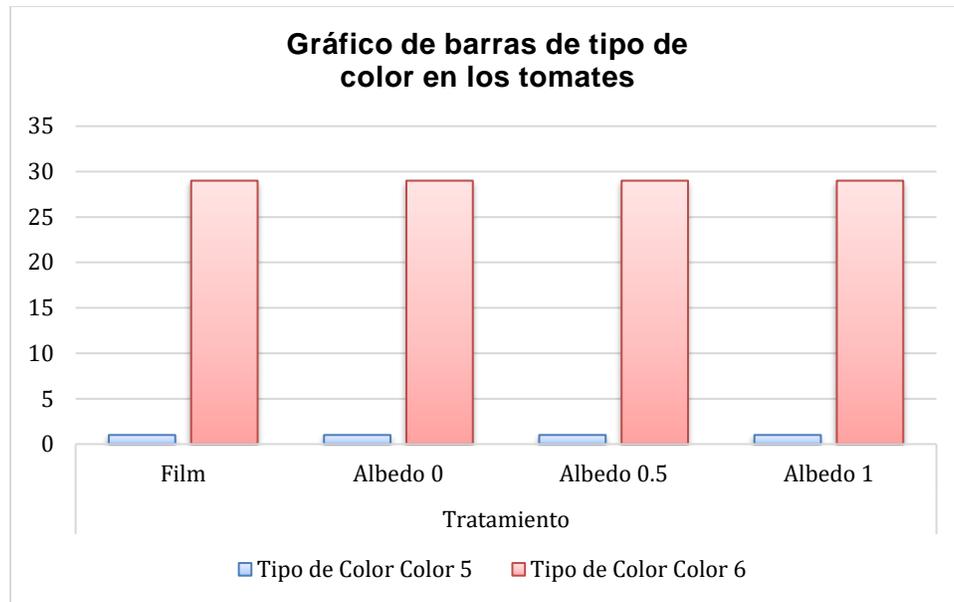
Tratamiento	Color 5	Color 6	Total
Film plástico	1	29	30
Sin Albedo	1	29	30
Albedo 0.5%	1	29	30
Albedo 1.0%	1	29	30
Total	4	116	120

*Nota.* Tabla de frecuencia de tipo de daño visible en los tomates.

En la tabla 18 se puede observar el cambio de color que adquirieron los tomates, ya que se comenzó con una escala tipo 4 un color entre amarillo con rosado y rojo y se obtuvo la mayoría de tomates una escala tipo 6 lo que representa a un color rojo intenso.

**Figura 21**

*Gráfico de barras de tipo de color observado en los tomates del experimento*



*Nota.* Cambio de color en los tomates de cada tratamiento

**Tabla 20**

*Tabla de contingencia de tipo de color*

<b>Estadístico</b>	<b>Valor</b>	<b>gl</b>	<b>P</b>
<b>Chi Cuadrado Pearson</b>	0,00	3	>0,9999
Chi Cuadrado MV-G2	0,00	3	>0,9999
Coef.Conting. Cramer	0,00		
Kappa (Cohen)	0,00		
Coef.Conting. Pearson	0,00		

*Nota.* gl=grados de libertad,  $p < 0.05$  estadísticamente

significativo.

De acuerdo a la tabla 20 existen no existen diferencias significativas en el tipo de color de los tomates de cada tratamiento ( $p > 0.9999$ ), se realizó una prueba de Chi cuadrado de Pearson, demostrando que el color en cada tratamiento es independiente al nivel de significancia estadística.

**Tabla 21**

Comparaciones de tipo de color con cada límite

	$P_1$	$1-\alpha$	$Z_{\frac{1-\alpha}{2}}$	$E_1$	$L_1$	$U_1$
$N_{11}$	3,33%	0,95	1,960	6,42%	-3,09%	9,76%
$N_{12}$	96,67%	0,95	1,960	6,42%	90,24%	103,09%
$N_{21}$	3,33%	0,95	1,960	6,42%	-3,09%	9,76%
$N_{22}$	96,67%	0,95	1,960	6,42%	90,24%	103,09%
$N_{31}$	3,33%	0,95	1,960	6,42%	-3,09%	9,76%
$N_{32}$	96,67%	0,95	1,960	6,42%	90,24%	103,09%
$N_{41}$	3,33%	0,95	1,960	6,42%	-3,09%	9,76%
$N_{42}$	96,67%	0,95	1,960	6,42%	90,24%	103,09%

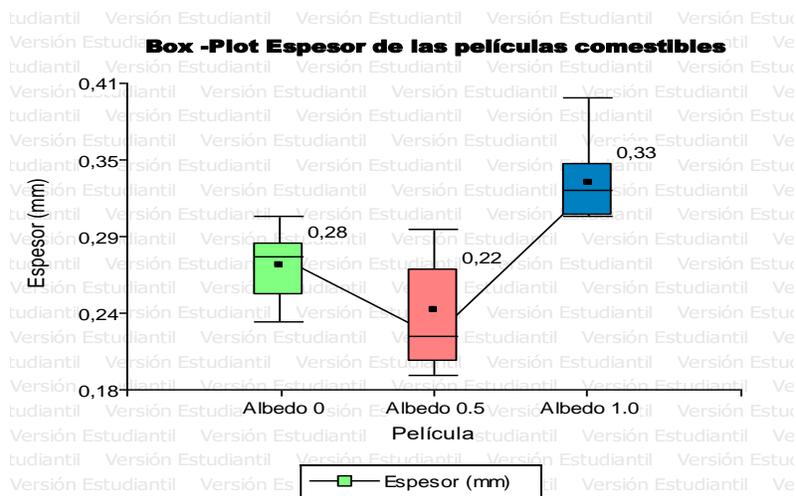
Nota.  $L_1$  (Límite inferior),  $U_1$  (límite inferior)

La proporción de tomates al aplicar papel film plástico, sin albedo, albedo 0.5% y albedo 1% a los 12 días cuyo grado de color es 5 se encuentra entre -3.09% y 9.76%, de la misma manera con un grado de color 6, en papel film plástico, sin albedo, albedo 0.5% y albedo 1% se encuentra entre 90.24% y 103.09%.

### Análisis de películas comestibles

**Figura 22**

Box -Plot Espesor de las películas comestibles



Nota. Las películas más delgadas son las de Albedo

0.5% la media del espesor es 0.22.

**Tabla 22***ANOVA Espesor de películas según el porcentaje de Albedo*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	0,07	2	0,04	38,08	<0,0001
Película	0,07	2	0,04	38,08	<0,0001
Error	0,04	42	9,6E-04		
Total	0,11	44			

*Nota.*  $p < 0,05$  con un 95% de confiabilidad.**Tabla 23***Promedio  $\pm$  desviación estándar del espesor de las películas con albedo*

<b>Película</b>	<b>Medias <math>\pm</math> D.E</b>	<b>N</b>	<b>E.E.</b>	
Albedo 0.5%	0,24 $\pm$ 0,04	15	0,01	<b>A</b>
Sin Albedo	0,27 $\pm$ 0,03	15	0,01	<b>B</b>
Albedo 1.0%	0,34 $\pm$ 0,03	15	0,01	<b>C</b>

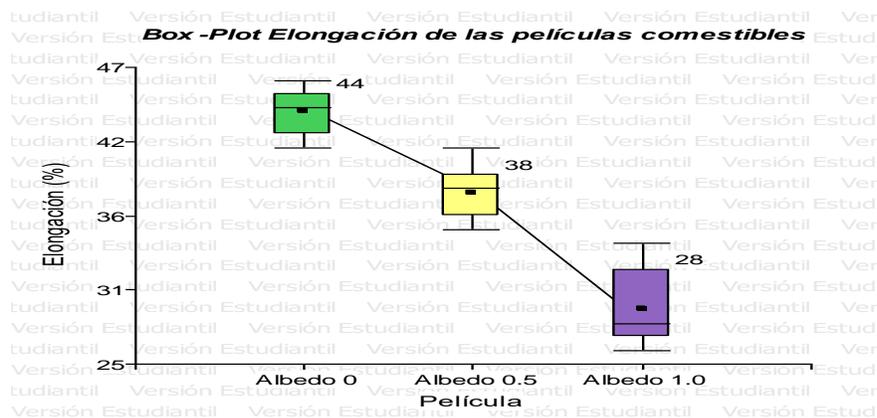
*Nota.* Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (Duncan  $p < 0.05$ ).

De acuerdo con la tabla 23 existen diferencias significativas en el espesor de cada porcentaje de albedo (F 2,42: 38,08;  $p < 0.0001$ ), se realizó una prueba de comparación de Duncan con el 95% de confiabilidad, las películas sin Albedo presentaron el mejor espesor comparado con Albedo 0.5% y 1.0%.

## Elongación

Figura 23

Box -Plot de elongación de las películas comestibles



*Nota.* Se observa que la película con menos porcentaje de elongación es la de Albedo 1.0%, teniendo una media de 29; seguida de Albedo 0.5% con una media de 38 y la película de mayor porcentaje de elongación fue la de Sin Albedo con una media de 44.

Tabla 24

ANOVA Elongación de películas según el porcentaje de Albedo

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	1629,38	2	814,69	193,1	<0,0001
Película	1629,38	2	814,69	193,1	<0,0001
Error	177,2	42	4,22		
Total	1806,58	44			

*Nota.*  $p < 0,05$  con un 95% de confiabilidad

Tabla 25

Promedio  $\pm$  desviación estándar de elongación de películas con albedo

Película	Medias $\pm$ D.E	n	E.E.	
Albedo 1.0%	29,07 $\pm$ 2,66	15	0,53	<b>A</b>
Albedo 0.5%	37,67 $\pm$ 1,59	15	0,53	<b>B</b>
Sin Albedo	43,73 $\pm$ 1,75	15	0,53	<b>C</b>

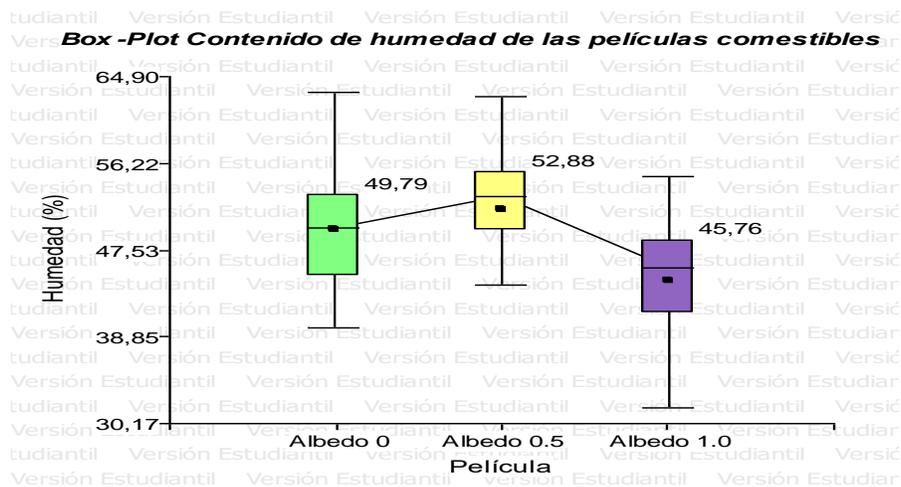
*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

De acuerdo a la tabla 25 existen diferencias significativas en la elongación de cada porcentaje de albedo (F 2,42; 193.1;  $p < 0.0001$ ), se realizó una prueba de comparación de Duncan con el 95% de confiabilidad, las películas sin Albedo presentaron la mejor elongación en comparación con los tratamientos de Albedo 1.0% y Albedo 0.5%.

### Contenido de Humedad

**Figura 24**

*Box -Plot de Contenido de humedad de las películas comestible*



*Nota.* Se puede observar que las películas con menor contenido de humedad son las de Albedo 1.0% con una media de 45,76 , seguida de sin Albedo con una media de 49,79 y Albedo 0.5% con una media de 52,88.

**Tabla 26**

*ANOVA Contenido de humedad de películas según el porcentaje de Albedo*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	528,23	2	264,12	8,30	0,0009
Película	528,23	2	264,12	8,30	0,0009
Error	1304,82	41	31,82		
Total	1833,05	43			

*Nota.*  $p < 0,05$  con un 95% de confiabilidad

**Tabla 27**

*Promedio ± desviación estándar de humedad de las películas con albedo*

<b>Película</b>	<b>Medias ± D.E</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Albedo 1.0	44,14±5,92	15	1,46	<b>A</b>
Sin Albedo	49,57±5,98	15	1,46	<b>B</b>
Albedo 0.5	52,53±6,48	14	1,51	<b>B</b>

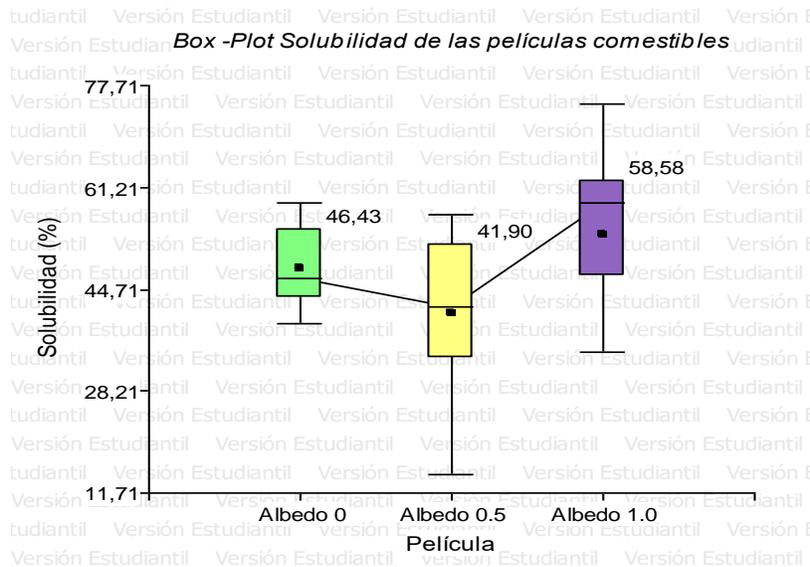
*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

De acuerdo a la tabla 27 existen diferencias significativas en la humedad de cada porcentaje de albedo ( $F 2,41; 8,30; p < 0.0001$ ), se realizó una prueba de comparación de Duncan con el 95% de confiabilidad, las películas con Albedo 1.0% presentaron el mejor porcentaje de humedad en comparación con los tratamientos de sin Albedo y Albedo 0.5%.

### **Solubilidad**

**Figura 25**

*Box -Plot de Solubilidad de las películas comestibles*



*Nota.* Se puede observar que las películas con menor solubilidad son las de Albedo 0.5% con una media de 40.678%, seguida de sin Albedo con una media de 48.170% y las películas con más solubilidad son las de Albedo 1.0% con una media de 55.44%.

**Tabla 28***ANOVA Solubilidad de películas según el porcentaje de albedo*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	1635,61	2	817,81	8,74	0,0007
Película	1635,61	2	817,81	8,74	0,0007
Error	3931,18	42	93,6		
Total	5566,79	44			

*Nota.*  $p < 0,05$  con un 95% de confiabilidad**Tabla 29***Promedio  $\pm$  desviación estándar de solubilidad las películas con albedo*

<b>Película</b>	<b>Medias <math>\pm</math> D.E</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Albedo 1.0	55,45 $\pm$ 13,62	15	2,5	<b>A</b>
Sin Albedo	48,17 $\pm$ 6,07	15	2,5	<b>B</b>
Albedo 0.5	40,68 $\pm$ 11,41	15	2,5	<b>C</b>

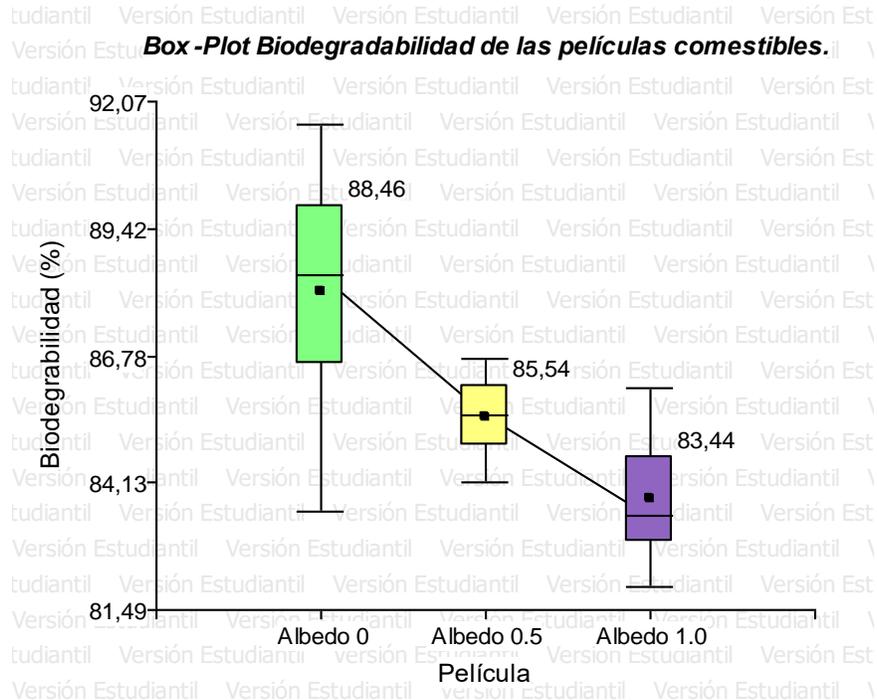
*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes $(p > 0,05)$ 

De acuerdo con la tabla 29 existen diferencias significativas en la solubilidad de cada porcentaje de albedo ( $F_{2,42}; 8,74; p < 0.0007$ ), se realizó una prueba de comparación de Duncan con el 95% de confiabilidad, las películas con Albedo 1.0% presentaron el mejor porcentaje de solubilidad en comparación con los tratamientos de sin Albedo y Albedo 0.5%.

## Biodegradabilidad

Figura 26

Box -Plot de Biodegradabilidad de las películas comestibles



*Nota.* Se puede observar que las películas que menos se biodegradan en el suelo son las de Albedo 1.0% con una media de 83,44, seguida de Albedo 0.5% con una media de 85,54 y las películas que más se biodegradan en el suelo son las de sin Albedo con una media 88.46.

Tabla 30

ANOVA Biodegradabilidad de películas según el porcentaje de Albedo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	144,15	2	72,07	29,43	<0,0001
Película	144,15	2	72,07	29,43	<0,0001
Error	102,85	42	2,45		
Total	246,99	44			

*Nota.*  $p < 0,05$  con un 95% de confiabilidad.

**Tabla 31**

*Promedio ± desviación estándar de biodegradabilidad de las películas con albedo*

<b>Película</b>	<b>Medias ± D.E</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Sin Albedo	88,13 ± 2,26	15	0,40	<b>A</b>
Albedo 0.5%	85,5 ± 0,81	15	0,40	<b>B</b>
Albedo 1.0%	83,77 ± 1,25	15	0,40	<b>C</b>

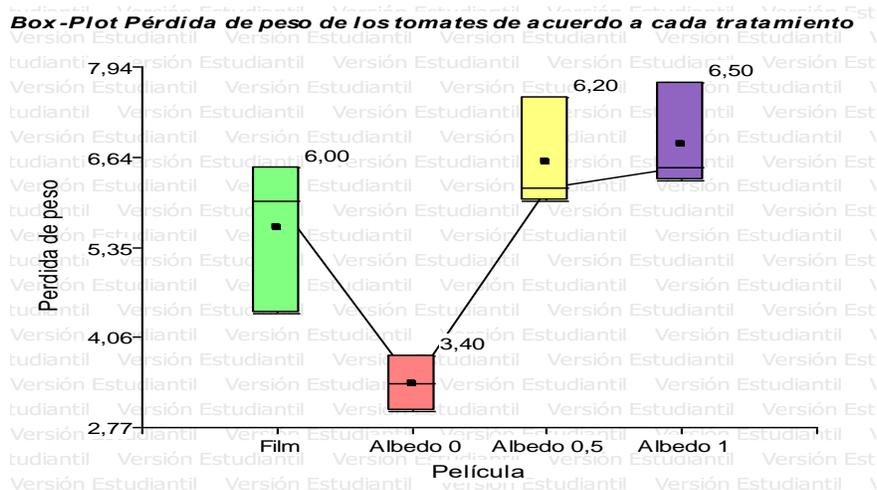
*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

De acuerdo con la tabla 31 existen diferencias significativas en la Biodegradabilidad de cada porcentaje de Albedo ( $F 2,42; 29,43; p < 0.0001$ ), se realizó una prueba de comparación de Duncan con el 95% de confiabilidad, las películas sin Albedo presentaron el mejor porcentaje de biodegradabilidad en comparación con los tratamientos de Albedo 0.5% y Albedo 1.0%.

**Análisis de Tomate Cherry utilizado en cada tratamiento.**

**Figura 27**

*Box -Plot Pérdida de peso de los tomates de acuerdo a cada tratamiento*



*Nota.* Se puede observar que el tratamiento con menor pérdida de peso es el Tratamiento 1 (Sin Albedo) con una media de 3.4 g y el tratamiento en el que se tuvo una mayor pérdida de peso fue el tratamiento 3 (Albedo 1) con una media de 6.83 g.

**Tabla 32***ANOVA Pérdida de peso de los tomates de acuerdo a cada tratamiento*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	21,89	3	7,3	11,23	0,0031
Película	21,89	3	7,3	11,23	0,0031
Error	5,2	8	0,65		
<b>Total</b>	<b>27,09</b>	<b>11</b>			

*Nota.  $p < 0,05$  con un 95% de confiabilidad***Tabla 33***Promedio  $\pm$  desviación estándar de pérdida de peso en los tomates*

<b>Película</b>	<b>Medias <math>\pm</math> D.E</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Albedo 1%	6,83 $\pm$ 0,76	3	0,47	<b>A</b>
Albedo 0,5%	6,57 $\pm$ 0,81	3	0,47	<b>A</b>
Film plástico	5,63 $\pm$ 1,10	3	0,47	<b>A</b>
Sin Albedo	3,4 $\pm$ 0,40	3	0,47	<b>B</b>

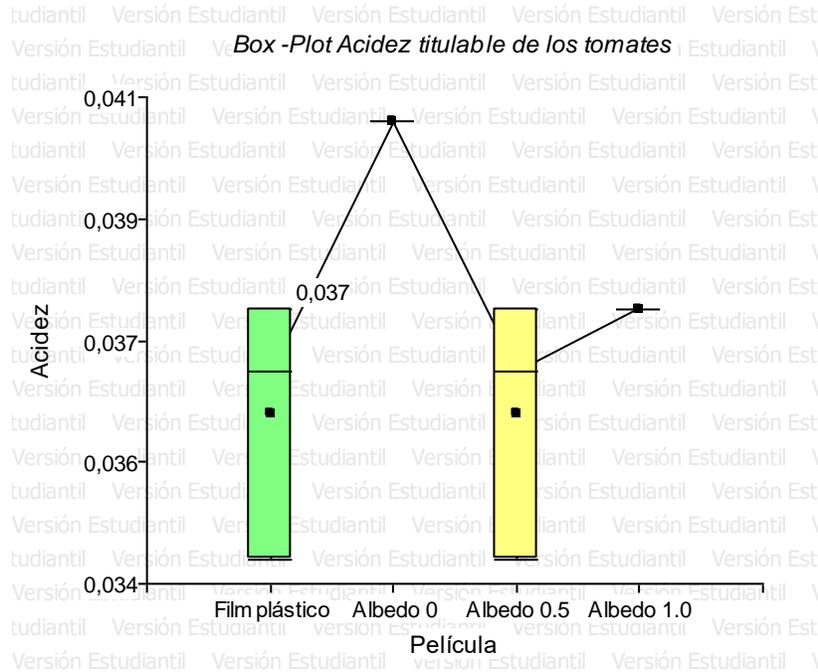
*Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

De acuerdo con la tabla 33 existen diferencias significativas en la pérdida de peso de cada tratamiento (F 3,8; 11,23; p 0,0031), se realizó una prueba de comparación de Duncan con el 95% de confiabilidad, el tratamiento 1 (Sin Albedo) presentó el menor porcentaje de pérdida de peso, respecto al tratamiento 0 (Film plástico), tratamiento 2 (Albedo 0,5%) y tratamiento 3 (Albedo 1%).

## Acidez titulable

**Figura 28**

*Box -Plot Acidez titulable de los tomates de acuerdo a cada tratamiento*



*Nota.* Se puede observar que entre el tratamiento 0 y 2 (Film plástico y Albedo 0.5%) se tiene igual porcentaje de acidez con una media de 0.036%, el tratamiento 1 (Sin Albedo) tiene un mayor porcentaje de acidez con una media de 0.041%.

**Tabla 34**

*ANOVA Acidez de los tomates de acuerdo a cada tratamiento*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo</b>	0	3	2E-06	6,7	0,0142
Película	0	3	2E-06	6,7	0,0142
Error	0	8	2E-06		
<b>Total</b>	0	11			

*Nota.*  $p < 0,05$  con un 95% de confiabilidad

**Tabla 35**

*Promedio ± desviación estándar de acidez titulable en los tomates*

<b>Película</b>	<b>Medias ± D.E</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Sin Albedo	0,04 ± 0,00	3	0	<b>A</b>
Albedo 1.0%	0,04 ± 0,00	3	0	<b>B</b>
Film plástico	0,04 ± 1E-03	3	0	<b>B</b>
Albedo 0.5%	0,04 ± 1E-03	3	0	<b>B</b>

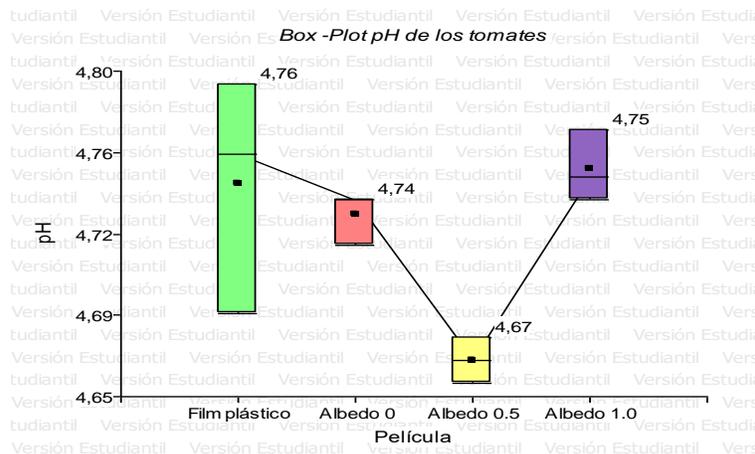
*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

De acuerdo a la tabla 35 existen diferencias significativas en la acidez de cada tratamiento ( $F_{3,8; 6,7; p 0,0142}$ ), se realizó una prueba de comparación de Duncan con el 95% de confiabilidad, el tratamiento 0 (Film plástico) presentó similar porcentaje de acidez, respecto a el tratamiento 2 (Albedo 0.5%), tratamiento 3 (Albedo 1.0%), en cambio el tratamiento 1 (Sin Albedo) si fue significativamente diferente a los otros tratamientos.

**pH**

**Figura 29**

*Box -Plot pH de los tomates de acuerdo a cada tratamiento*



*Nota.* Se puede observar que entre el tratamiento 2 (Albedo 0.5%) tiene un mejor porcentaje de pH con una media de 4.67; seguido del tratamiento 0, 1, 3 (Film plástico, Sin Albedo, Albedo 1.0%) que tienen una media similar con 4.76, 4.73 y 4.75 respectivamente.

**Tabla 36***ANOVA pH de los tomates de acuerdo a cada tratamiento*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	0,01	3	4,4E-03	5,63	0,0226
Película	0,01	3	4,4E-03	5,63	0,0226
Error	0,01	8	4,4E-03		
Total	0,02	11			

*Nota.*  $p < 0,05$  con un 95% de confiabilidad**Tabla 37***Promedio  $\pm$  desviación estándar de pH en los tomates aplicando los tratamientos*

<b>Película</b>	<b>Medias <math>\pm</math> D.E</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Albedo 1.0%	4,75 $\pm$ 0,02	3	0,02	<b>A</b>
Film plástico	4,75 $\pm$ 0,05	3	0,02	<b>A</b>
Sin Albedo	4,73 $\pm$ 0,01	3	0,02	<b>A</b>
Albedo 0.5%	4,67 $\pm$ 0,01	3	0,02	<b>B</b>

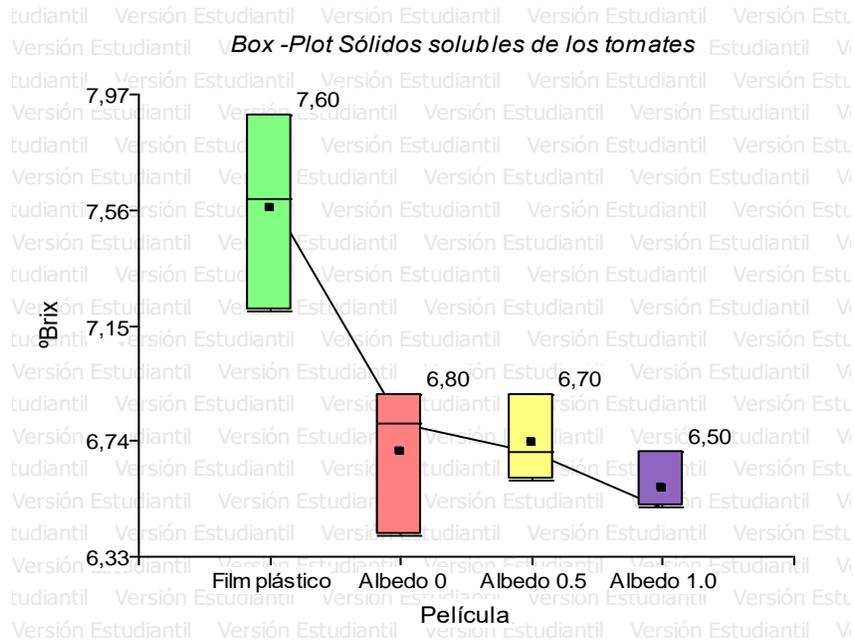
*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

De acuerdo a la tabla 37 existen diferencias significativas en el de cada tratamiento (F 3,8; 5,63;  $p < 0,0226$ ), se realizó una prueba de comparación de Duncan con el 95% de confiabilidad, el tratamiento 0 (Film plástico), el tratamiento 1 (Sin Albedo), tratamiento 3 (Albedo 1.0%) presentó el pH similar, comparado con el tratamiento 2 (Albedo 0.5%) el cual tiene un pH más ácido.

## Sólidos solubles

Figura 30

Box -Plot Sólidos solubles de los tomates de acuerdo a cada tratamiento



Nota. Se puede observar que entre el tratamiento 0 (Film plástico) tiene una mayor concentración de °Brix con 7.6; y los tratamientos 1,2 y 3 (Sin Albedo, Albedo 0.5%, Albedo 1.0%) presentaron menor concentración de °Brix con 6.7, 6.7 y 6.6 °Brix.

Tabla 38

ANOVA Sólidos solubles de los tomates de acuerdo a cada tratamiento

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo</b>	1,87	3	0,62	11	0,0034
Película	1,87	3	0,62	11	0,0034
Error	0,46	8	0,06		
<b>Total</b>	<b>2,33</b>	<b>11</b>			

Nota.  $p < 0,05$  con un 95% de confiabilidad

**Tabla 39**

*Promedio ± desviación estándar de solidos solubles en los tomates*

<b>Película</b>	<b>Medias ± D.E</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
Film plástico	7,57 ± 0,35	3	0,14	<b>A</b>
Albedo 0.5%	6,73 ± 0,15	3	0,14	<b>B</b>
Sin Albedo	6,7 ± 0,26	3	0,14	<b>B</b>
Albedo 1.0%	6,57 ± 0,12	3	0,14	<b>B</b>

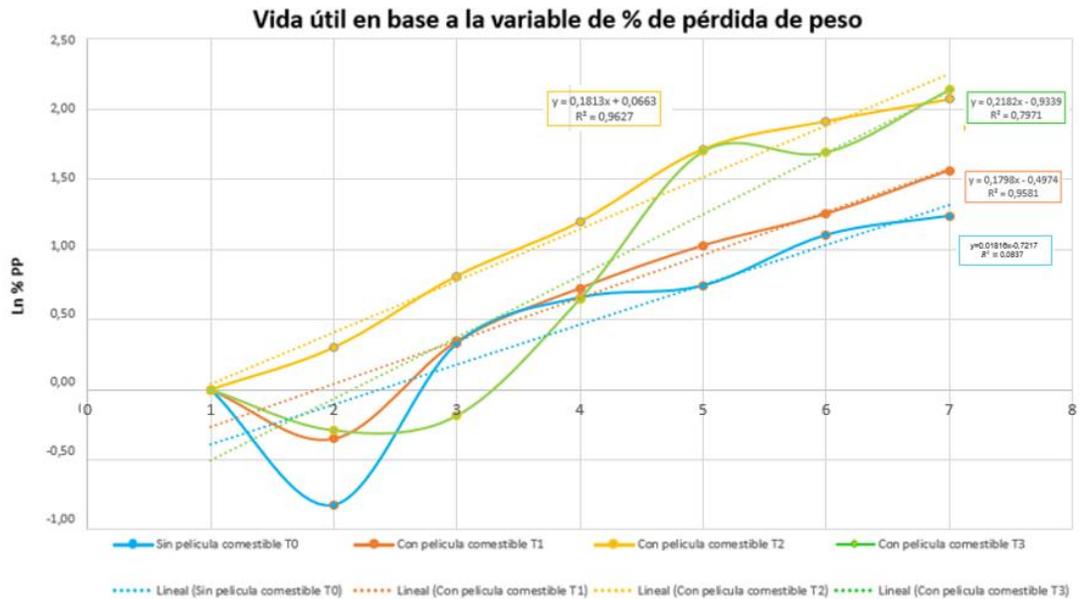
*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

De acuerdo con la tabla 39 existen diferencias significativas en los °Brix de cada tratamiento (F 3,8; 11; p 0,0034), se realizó una prueba de comparación de Duncan con el 95% de confiabilidad, el tratamiento 0 (Film plástico) presentó el menor porcentaje de °Brix, respecto a el tratamiento 1 (Sin Albedo), tratamiento 2 (Albedo 0,5%) y tratamiento 3 (Albedo 1%).

**Vida útil**

**Figura 31**

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



*Nota.* Gráfico de vida útil con la variable de peso

**Tabla 40**

*Días de vida útil según fórmula de la Labuza*

	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
Días	14,99	16,13	11,75	11,89

*Nota.* T0 (Film plástico), T1 (Sin Albedo), T2 (Albedo 0.5%), T3 (Albedo 1.0%)

## **Discusión**

### **Rendimiento de almidón**

En 1000 g de papa se obtuvo 35.2% de almidón, de acuerdo con Marney, (2004) menciona que el rendimiento de la extracción depende de la materia seca y del contenido del tubérculo. Arcilla, (2002),comento que el rendimiento del almidón depende de la madurez del tubérculo, ya que inicia el proceso de hidrolisis después de cosechar el tubérculo, de esta manera su contenido se reduce gradualmente a medida que el fruto madura . De acuerdo con Santillán, (2022), en 100 g de fibra de papa chaucha se obtiene 84,4 g de almidón.

### **Firmeza**

En el experimento se encontró una pérdida de firmeza en el tomate Cherry, ya que se comenzó con un tipo de firmeza 5 teniendo un tomate firme que cede suavemente al aplicar presión con los dedos, al finalizar los 12 días, nos encontramos tomates con un tipo de firmeza 1 y 3, ya que al aplicar presión se deforma fácilmente.

La disminución de firmeza ayuda a evaluar el grado de maduración de las frutas, lo cual fue reportado por Fan *et al.*, (2009) mencionando que la pérdida de fluidos en las células de un fruto se da por la hidrólisis de los ácidos lo que provoca tener un producto más suave, se encuentra estrechamente relacionado con ataques microbianos que aumentan la degradación celular. Con el análisis mencionado Martínez *et al.*, (2017) nos comenta que el ablandamiento

se da por una acción de enzimas hidrolíticas las cuales son capaces de romper los enlaces entre polisacáridos de la pared celular provocando una alteración en la firmeza de los frutos.

### **Daño visible**

El tomate Cherry comenzó sin ningún tipo de daño visible encontrándose en la escala 1, al finalizar el experimento, se obtuvo la mayoría de tomates en una escala 2 y 3 de daño visible, lo cual corresponde al 10% y 50% del fruto lesionado.

Meza *et al.*, (2013) al usar películas comestibles disminuye el daño y aumenta la calidad del fruto en condiciones de temperatura ambiente.

### **Apariencia**

El tomate Cherry inició con tipo de apariencia 4 lo cual corresponde a un fruto bueno, al finalizar los 12 días de estudio, se obtuvo la mayoría de tomates con una escala de apariencia 1 y 2 lo cual corresponde a un fruto no aceptable y moderadamente aceptable.

Márquez *et al.*, (2009) menciona que, para conservar la apariencia y calidad de los frutos, en su almacenamiento requiere de condiciones específicas. El tomate puede tener células metabólicas activas las cuales producen compuestos y adquieren energía la cual es utilizada en el proceso de respiración, en el momento que este proceso aumenta, se produce un deterioro y acortamiento en la vida del producto, el tomate al ser un fruto climatérico adquiere cambios bioquímicos lo que provoca un ablandamiento del mismo y posteriormente un cambio en su apariencia.

### **Color**

El tomate Cherry inicio con un tipo de color etapa 4, lo cual corresponde a un tono amarillento con rosado y rojo, finalizando el estudio se obtuvo gran porcentaje de tomates con una escala de etapa 6, lo que corresponde al fruto con más del 60% de color rojo.

El color es uno de los aspectos más importantes en los frutos ya que visiblemente demuestra su calidad de esta manera si no adquiere un buen color los otros aspectos no se pueden llegar a juzgar, en el experimento predomina el tipo de color 6, de acuerdo con Navarro

*et al.*, (2016) menciona que el color rojo profundo del fruto se da por la molécula conocida como licopeno, el cual previene el daño oxidativo de moléculas de ADN, lipoproteínas y lípidos, ayudando a proteger al ser humano de enfermedades, como es el cáncer y presión arterial; LiH, (2013), llega a la misma conclusión con su estudio sobre diferentes coloraciones en tomates, mencionando que en los frutos de color amarillo tienen un bajo contenido de licopeno, en comparación con los frutos rojos.

### **Espesor**

El espesor es una característica de gran importancia ya que está relacionada con la tasa de transferencia de gases, entre los que se encuentran el vapor de agua afectando directamente en la apariencia de los frutos Huber *et al.*, (2009).

González, (2011).en un trabajo de investigación menciona que el aumento de espesor está relacionado con la cadena de polisacáridos presente en el almidón lo que permite un menor intercambio de gases, Morales, (2011), menciona que mientras más espesor tienen las películas, se tiene una mayor resistencia a la transferencia de masa; en la presente investigación se obtuvo espesores que se encuentran entre 0,24 a 0,34 mm, dichos valores están cercanos a los estudios realizados los cuales se encuentran entre 0,17 a 0,31 mm; además se puede llegar a la conclusión de tener mayor espesor en las películas por tener mayor porcentaje de albedo, por el tipo de partícula ya que tiene un tamaño relativamente más grande.

### **Elongación**

Las películas tienen un mejor porcentaje de elongación por el factor de gelatinización del almidón, las medias de elongación de la presente investigación se encuentran entre 29,07% a 43,73%.

De acuerdo con un estudio realizado por Basiak *et al.*, (2017) en el que se evaluó la elongación al rompimiento de películas de papa comparadas con maíz y trigo se demuestra que las de papa tienen aproximadamente un 50% más de elongación al rompimiento, esto se

debe a la cantidad de amilopectina que contiene el almidón de papa por tener una estructura ramificada teniendo fuertes propiedades mecánicas, como se observa en la tabla 22 se tiene un mejor porcentaje de elongación en las películas sin albedo, esto se debe a que Basiak *et al.*, (2017); además es importante mencionar que el porcentaje de albedo disminuye la elongación de las películas, teniendo mayor rigidez en las mismas, mientras aumenta el porcentaje de albedo.

### **Contenido de humedad**

En el ensayo se obtuvo películas con un porcentaje de humedad entre 31% y 63%, las películas con albedo 0.5% con las que tienen mayor contenido de humedad con una media de 52,53%.

En varios estudios se encontró que el contenido de humedad depende del plastificante que se utilice para su elaboración en este caso se utilizó el glicerol, se ha comprobado que este componente es hidróscopico, por esta razón al utilizar este compuesto las películas aumentan el contenido de humedad Abraján, (2008).

### **Solubilidad**

En las películas comestibles se obtuvo una media de solubilidad entre 40,68% a 55,45%. De acuerdo con Galliard, (1987), menciona que el almidón de papa tiene un alto grado de solubilidad, comparando con otros tipos de almidones, lo que se debe a su alto contenido de grupos fosfato en la amilopectina, estos grupos se repelen con las cadenas adyacentes provocando debilidad en la unión y teniendo como resultado un aumento en la hidratación.

El almidón de papa contiene un 20% de amilasa y 80% amilopectina la cual forma una cadena lineal, este al tener un peso molecular alto y una cadena ramificada, es soluble en agua, al momento de combinar y colocadas en una solución forman diferentes características de cohesión y de propiedades mecánicas de acuerdo con Orozco, (2017).

Un estudio realizado por Ochoa *et al.*, (2013) demuestra que al tener una película con una solubilidad aproximada del 50% aumenta la vida de un fruto en anaquel.

## **Biodegradabilidad**

Las películas tuvieron una biodegradabilidad relativamente rápida, las de mejores resultados son las que no contienen albedo, en las mismas se obtuvo una media de 88,13%, las de menor biodegradabilidad son las que tenían albedo al 1% con una media de 83,77%. De acuerdo a un estudio realizado por Charro, (2015) sobre películas biodegradables a partir de almidón de papa, demuestran que las películas se degradan al pasar el tiempo, demostrando que en condiciones aerobias se degradan más rápido por estar en contacto con el aire y microorganismos aerobios provocando la liberación de CO<sub>2</sub> lo que causa una rápida degradación de las películas, lo que se ha evidenciado en el ensayo al estar en contacto con la biomasa, el aire y microorganismos aerobios se ha biodegradado rápidamente las películas comestibles.

Los plásticos son muy estables y puede existir en la naturaleza tanto tiempo que no se producen cambios sustanciales en 100-200 años. Incluso alguien presume que pasarán 400 años para descomponer completamente los plásticos típicos Coello, (2019).

## **Pérdida de peso**

En el ensayo se obtuvo diferencias significativas en la pérdida de peso, el menor porcentaje de pérdida se obtuvo en el tratamiento 1 (películas comestibles sin albedo), mientras la mayor pérdida de peso se obtuvo en el tratamiento 3 (películas comestibles con albedo 1%). La pérdida de peso debe a una pérdida de agua que se produce en las frutas por difusión de vapor de agua, este proceso se da por la gradiente de presión que existe en el interior y exterior del fruto lo que es notable en frutos que se encuentran en percha Figueroa *et al.*, (2011).

Un estudio realizado por (Ordoñez et al., 2014) de almidón modificado sobre frutos y hortalizas en el transcurso de 12 días disminuyeron su peso en menor porcentaje comparando con el fruto al que no se le aplicó el tratamiento, lo que se evidencia en el ensayo que en los tomates con almidón y sin albedo no disminuyó en gran cantidad su peso, comparado con el

resto de tratamientos; la pérdida de peso se puede deber a la implementación de albedo en la película comestible, por la capacidad de absorción de agua del albedo provocando que la aparición de burbujas en las películas, de esta manera es más fácil el intercambio de gases desde el exterior de la película hacia su interior.

De acuerdo con Barco *et al.*, (2011) en un estudio similar aplicando almidón en tomate en 22 días se obtuvo un menor porcentaje de pérdida de peso comparada con el control (8% y 14.81%) en el experimento planteado se tuvo una pérdida de peso (películas sin albedo 3,4% y en papel film plástico de 5,63%).

### **Acidez titulable**

La acidez titulable en los tomates con películas comestibles junto con albedo al 0,5 % y 1% bajo retrasa el proceso metabólico en los frutos obteniendo una conversión del ácido cítrico en azúcar en el proceso de maduración o una degradación enzimática del mismo. Al iniciar con esta investigación el tomate tienen una acidez titulable de 0,024 % un valor muy bajo a comparación con lo que reporta Benalcázar, (2011), quien registró una media de 0.744 % de acidez, esto se debe a que los tomates usados en este proyecto estuvieron más maduros, no presentaban tanta cantidad de ácido cítrico.

De acuerdo con Rincón, (2015), menciona en su investigación que los frutos climatéricos aumentan el índice de madurez lo que se puede deber al punto máximo de la tasa respiratoria del fruto por existir un incremento en su metabolismo.

### **pH**

Al finalizar el ensayo se obtuvo un pH entre 4,67 a 4,75, con el pH se identifica la fuerza de ácidos que contiene el fruto, está directamente relacionado por el valor del tipo de ácido mas no de la concentración Hernández, (2013),

Rueda, (2013), describió que el sabor de los frutos está vinculado al pH de los mismos, considerando que un buen sabor del fruto debe tener valores de pH entre 4.5 y 4.8 en tomates con madurez comercial. Por otra parte Cantwell *et al.* (2007), reportaron que los tomates listos

para consumo humano pueden tener valores de pH entre 4.2 y 4.8, donde el último valor es el recomendado para la industria de los jugos de jitomate y conservas.

### **Sólidos solubles**

En el ensayo se obtuvo valores de sólidos solubles que se encuentran entre 6,57 a 7,57 °Brix; de acuerdo con Hernández, (2013) menciona que con la cantidad de sólidos solubles se puede determinar los avances metabólicos de los frutos y la calidad del mismo. Arana *et al.*, (2007) menciona que al obtener este parámetro se logra determinar el grado de madurez de un fruto, en los tomates la cantidad de sólidos solubles se encuentra entre 3,5 a 7,5 °Brix de acuerdo con la variedad, lo que se comprueba con los valores obtenidos durante el ensayo.

### **Vida útil óptima**

De acuerdo con los resultados de la tabla 31, el tratamiento 1 (Sin Albedo) otorga mayor vida útil con 16 días, de acuerdo con Artes, (2007) el tomate es un fruto que tiene un rápido deterioro, esto se debe a la cantidad de agua del fruto, aproximadamente el 94% y por la actividad respiratoria, mientras sea más alta esta actividad, disminuirá la vida útil del fruto.

Por otro lado Barco *et al.*, (2011) menciona que el tomate produce una gran cantidad de etileno, lo que provoca su rápido deterioro, su almacenamiento dependerá de la manipulación y temperatura al que será sometido. Un estudio realizado por Nasrin *et al.*, (2019) logró extender su vida útil hasta 17 días, lo que está relacionado con ensayo, cabe mencionar que en tomates sin tratamiento previo se obtiene una vida útil de 7 días aproximadamente.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

- Al desarrollar películas comestibles a base de almidón de papa con 3 niveles de albedo cítrico deshidratado teniendo para el tratamiento 1 (Albedo al 0%), tratamiento 2 (Albedo 0.5%) y tratamiento 3 (Albedo 1.0%), donde se presentaron diferencias significativas en las variables físicas, químicas y de biodegradabilidad en la calidad del tomate Cherry durante su almacenamiento, analizando cada variable después de colocarles la película comestible, al tener un aumento en el contenido de albedo se alcanzó mayor espesor, solubilidad, biodegradabilidad, menor contenido de humedad y elongación.
- Se obtuvo un rendimiento de 703g de almidón de 1000 g de papa chaucha, de esta manera se elaboró las películas comestibles en el tomate Cherry con 3 niveles de Albedo cítrico de toronja deshidratado, demostrando que los gránulos de mayor tamaño pueden llegar a tener más capacidad de absorción de agua y su estructura permite la mejor incorporación de moléculas plastificantes en la formación de la película.
- En lo que corresponde a las películas comestibles se obtuvo mayor espesor utilizando albedo al 1% brindando una mayor resistencia de la misma, en cuanto a biodegradabilidad la mejor película fue la que no contenía albedo, teniendo una media del 88,13%, en un lapso de 30 días, demostrándose que el Albedo de papa al estar en contacto directo con el suelo, el aire y microorganismos aerobios, tiene una biodegradabilidad rápida sin afectar al medio ambiente, de acuerdo con la funcionalidad se demostró que prolonga significativamente la vida del Tomate Cherry respecto al film plástico que se biodegrada en el suelo entre 100 a 200 años.
- En las variables físicas y sensoriales evaluadas, se logró determinar que hubo influencia sobre la vida útil del tomate a los 12 días de almacenamiento, teniendo que el

tratamiento 1 (Sin Albedo) brinda sobre el tomate Cherry mejor firmeza, apariencia y menor daño, mientras que con el uso de film plástico demostró un deterioro más rápido del fruto frente a la película comestible.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda trabajar con diferente porcentaje de almidón de papa sin incrementar ningún otro producto en la elaboración de la película comestibles como fue el caso en esta investigación, de esta forma se tendrá datos más precisos de cómo actúa este en cualquier producto que se desee almacenar alargando su vida útil y conservando sus características.
- Repetir la investigación utilizando elementos a los que el albedo mejor sus propiedades mecánicas sobre la película comestibles.
- Para futuras investigaciones un análisis microbiológico de las películas comestibles.
- Investigar diferentes envases plásticos en los que se pueda colocar el fruto, para su conservación con el uso de películas comestibles.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abraján Villaseñor, M. (2008) *Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del nopal (Opuntia ficus. Indica) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible*. [Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/3794/tesisUPV2920.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arana, I., Jaren, C., Arazuri, S., García, M., Ursua, A., & Riga, P. (2007) *Calidad del tomate fresco: técnica de cultivo y variedad*. [Tesis Doctoral, Universidad Pública de Navarra], <https://docplayer.es/30836866-Calidad-del-tomate-fresco-tecnica-de-cultivo-y-variedad.html>
- Arce, M. (2009) Normal climática y distribución de la precipitación de la hacienda El Prado-IASA. *Revista Boletín técnico serie zoológica*. ISS: 1390-3004 <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-serie-zoologica/article/view/1422>
- Artes, F. (2007) *Tratamientos post recolección del tomate fresco. tendencias e innovaciones*. [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica de Cartagena]. [file:///C:/Users/pc/Downloads/Tomate\\_ArtesCaleropc\\_59605%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/pc/Downloads/Tomate_ArtesCaleropc_59605%20(4).pdf)
- Barco, P., Delgado, A., Mosquera, S., Villada, H., & Navia, D. (2011). Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate. *Revista Lasallista de Investigación*, 8(2), 96–103. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-44492011000200011#:~:text=El%20empleo%20del%20recubrimiento%20a,la%20eficiencia%20de%20la%20pel%C3%ADcula](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492011000200011#:~:text=El%20empleo%20del%20recubrimiento%20a,la%20eficiencia%20de%20la%20pel%C3%ADcula).
- Basantes Morales, E. (2019). *Manejo de cultivos andinos del Ecuador* (Vol. 1). <https://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/10163/4/Manejo%20Cultivos%20Ecuador.pdf>

- Basiak, E., Lenart, A., & Debeaufort, F. (2017). Effect of starch type on the physico-chemical properties of edible films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 98, 348–356.  
<https://n9.cl/bgqhk>
- Benalcázar, B. (2011) *Determinación de las características físicas y químicas de la Zanahoria Blanca (arracacia xanthorrhiza bancroft) proveniente de la Zona de San José de Minas Provincia de Pichincha*. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica del Norte].  
[http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/419/1/03%20AGI%20190%20PORTADA S.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/419/1/03%20AGI%20190%20PORTADA%20S.pdf)
- Castro, A. X. (2013) *Efecto de la aplicación de recubrimientos comestibles en la calidad poscosecha de tomate de arbol (Solanum betaceum Cav)* [Tesis Doctoral, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6103/1/CD-4809.pdf>
- Charro, M. (2015). *Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata* [Tesis de Pregrado, Universidad Central del Ecuador].  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>
- Chavarrías, M. (2010). *Liofilización para una mejor conservación*. [Página Web]  
[https://www.adiveter.com/ftp\\_public/A2190210.pdf](https://www.adiveter.com/ftp_public/A2190210.pdf)
- Cuesta, R. X., Monteros, C., Racines, M., Rivadeneira, J., Técnica, R., Garcés, S., Yáñez, C., Fao, F., Mastrocola, N., Pino, G., Mera, X., Rojano, P., & Haro, F. (2022). Catálogo de variedades de papa del Ecuador. *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP*.  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5850/1/CATALOGO%20PAPA%202022.pdf>
- Dang, K., Singh, Z., & Swinny, E. (2008). Edible coatings influence fruit ripening, quality and aroma biosynthesis in mango fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(4): 1361-1370. <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jf072208a>

- De La Vega, J. C., Cañarejo, M. A., & Pinto, N. S. (2017). Avances en tecnología de atmósferas controladas y sus aplicaciones en la industria. *Scielo*, 28(3), 75–86. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642017000300009](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000300009)
- Diaz, J., Mayorga, L., & Totosaus, A. (2012). Efecto de prebióticos y albedo de naranja sobre parámetros cinéticos y perfil de ácidos grasos de cadena corta de bacterias ácido láctico termotolerante. *Scielo*, 19(3): 253-260. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-40042012000300003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-40042012000300003&script=sci_arttext)
- Escalona, V., Correa, J., & González, A. (2019). *Manejo postcosecha de tomates y pimientos frescos y de iv gama*. [Tesis Doctoral, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/175675/Manejo-postcosecha-de-tomates-y-pimientos-fresco.pdf?sequence=1#:~:text=El%20procesamiento%20de%20estos%20frutos,enteros%20y%20de%20IV%20gama>.
- Fan, Y., Xu, Y., Wang, D., Zhang, L., Sun, J., Sun, L., & Zhang, B. (2009). Effect of alginate coating combined with yeast antagonist on strawberry (*Fragaria x ananassa*) preservation quality. *Postharvest Biology and Technology*, 53(1–2), 84–90. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092552140900060X>
- Fernández, D., Bautista, S., Fernández, D., Ramírez, A., García, A., & Falcón, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación postcosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542015000300008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000300008)
- Figueroa, J., Salcedo, J., Aguas, Y., Olivero, R., & Narváez, G. (2011). Recubrimientos Comestibles en la conservación del mango y aguacate, y perspectiva, al uso del propóleo en su formulación. *Rev. Colombiana Ciencia. animal*. 3(2).2011 . <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/414/456>

- Freire, A. (1991) *Respuesta de ocho líneas de zanahoria blanca (Arracacia Xanthorrhiza Bancroft) a la introducción in vitro* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato].  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/447/1/iniapsctC424re.pdf>
- Fuentes, E., Carrillo, M., Gijón, I., & Macías R. (2018). Aplicación de la liofilización en la conservación de micro emulsiones usadas en alimentos funcionales y nutracéuticos. *Revista Académica de Investigación*. file:///C:/Users/pc/Downloads/Dialnet- AplicacionDeLaLiofilizacionEnLaConservacionDeMicro-7337190%20(10).pdf
- Galliard T., B. P. (1987). *Propiedades morfológicas y reológicas de almidones separados de cultivares de arroz (Oryza sativa L.) del noreste de India*. *Scientific Research*.  
<https://scirp.org/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1550431>
- García, A., Pacheco-Delahaye, E., Tovar, J., & Pérez, E. (2007). Caracterización fisicoquímica y funcional de las harinas de arracacha para sopas instantáneas. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 5(5), 384-393.  
<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/11358120709487717?needAccess=true&role=button>
- González, A., Strumia, M. C., & Alvarez Igarzabal, C. I. (2011). Cross-linked soy protein as material for biodegradable films: Synthesis, characterization and biodegradation. *Journal of Food Engineering*, 106(4), 331–338.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026087741100286X>
- Grijalva, R. L., Macias, R., Grijalva, S. A., Núñez, F., & Robles, F. (2014). Productividad de cultivares de tomate Cherry bajo condiciones de invernadero en el Noroeste de Sonora. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*.  
<https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2012.07.009://n9.cl/ly08o>
- Hernández, J. (2013) *Caracterización físico-química y microbiológica del tomate margariteño (Lycopersicon esculentum var. España) y evaluación de la efectividad de tratamientos de preenvasado para el incremento de su vida comercial a temperatura ambiente* [Tesis

- Doctoral, Universidad de Córdoba]. <https://helvia.uco.es/handle/10396/9925>Hernández, K. (2016). *Formulación y Caracterización de Películas Comestibles de Almidón de Papa Nativo y Modificado* [Tesis de Pregrado, Universidad Veracruzana]. <https://n9.cl/0spv8>
- Huarte, M. A., & Capezio, S. (2013). Cultivo de papa. Alianza para la constitución del consorcio regional. *ResearchGate*.  
[https://www.researchgate.net/publication/256195293\\_Cultivo\\_de\\_papa](https://www.researchgate.net/publication/256195293_Cultivo_de_papa)
- Huber, K., & Embuscado, M. (2009). Edible Films and Coatings for Food Applications. In *Edible Films and Coatings for Food Applications*. Springer New York.  
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-92824-1>
- Inostroza, J., Méndez, P., & Sotomayor, L. (2014). Botánica y morfología de la papa. *INIA Carrillanca* [Archivo PDF].  
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7275/NR36476.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Kader, A. A., Morris, L. L., Stevens, M. A., & Albright-Holton, M. (1978). Composition and Flavor Quality of Fresh Market Tomatoes as Influenced by Some Postharvest Handling Procedures. *Revista de la Sociedad Estadounidense de Ciencias Hortícolas* 103(1):6.  
<https://n9.cl/wqnp3>.
- Li H, D. Z. (2013). Carotenoid compositions of coloured tomatoes. *Food Chem* 15;136(2):878-88.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23122140/>
- Mazuela, P., Acuña, L., Álvarez, M., & Fuentes, Á. (2010). Producción y calidad de un tomate cherry en dos tipos de invernadero en cultivo sin suelo. *SciELO*.  
[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292010000200012](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292010000200012)
- Marín, J. (febrero de 2016). Re: Química del almidón.  
[https://www.academia.edu/21607198/Qu%C3%ADmica\\_del\\_almid%C3%B3n](https://www.academia.edu/21607198/Qu%C3%ADmica_del_almid%C3%B3n)

- Márquez, C., Cartagena, J., & Pérez, M. (2009). Effect of edible coatings on Japanese loquat (*Eriobotrya japonica* T.) Postharvest quality. *SciELO*.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-40042009000300004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042009000300004)
- Martínez, M., Balois, R., Alía, I., Cortés, M., Palomino, Y., & López, G. (2017). Postcosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos, *SciELO*.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342017001104075](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017001104075)
- Meza, J., Guzmán, G., García, C., Preciado, M., & Esparza, J. (2013). Efecto de una película de hidroxipropilmetil celulosa-parafina en melón Cantaloupe (*Cucumis melo*) almacenado en frío. *Dialnet ISSN 2007-0934*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4803547>
- Mirallas, M. (2013) *Caracterización del jugo de naranja que se comercializa en Caluma, propuesta de conservación para aumentar su vida útil* [Tesis de Pregrado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8348/1/MIRALLAS.pdf>
- Montalvo, C., López, A., & Palou, E. (2012). Películas comestibles de proteína: características, propiedades y aplicaciones. *SciELO*.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-888X2018000421203#:~:text=El%20uso%20de%20pel%C3%ADculas%20y,que%20influye%20en%20la%20estabilidad](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2018000421203#:~:text=El%20uso%20de%20pel%C3%ADculas%20y,que%20influye%20en%20la%20estabilidad)
- Morales, M. (2011) *Caracterización fisicoquímica y microbiológica de cubiertas comestibles a base de mucílago de Chía (*Hyptus suaveolens*) aplicadas en manzanas para prolongar la vida de anaquel* [Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro“].  
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/491/62119s.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Murgueytio, J. V. (2015) *Obtención y caracterización de albedo pulverizado a partir de un fruto cítrico, para aplicación en salchicha* [Tesis Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <http://pucedspace.puce.edu.ec/handle/23000/5144>

- Nasrin, T., Molla, M., Alamgir Hossain, M., Alam, M. S., & Yasmin, L. (2019). Effect of chemical additives on shelf life of tomato (*Solanum Lycopersicum*) During Storage. *Journal of Agriculture and Forestry University*. file:///C:/Users/pc/Downloads/2020%20(1).pdf
- Nature, C. (2012). *Ficha tecnica de Producto* [Archivo PDF]. <https://n9.cl/oswhm>
- Navarro-González, I., & Periago, M. J. (2016). Is tomato a healthy and/or functional food. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 20(4), 323–335. <https://www.renhyd.org/index.php/renhyd/article/view/208>
- Ochoa-Reyes, E., Martínez-Vazquez, G., Saucedo-Pompa, S., Montañez, J., Rojas-Molina, R., de Leon-Zapata, M. A., Rodríguez-Herrera, R., Aguilar, C. N., & Aguilar, C. N. (2013). Improvement of shelf life quality of green bell peppers using edible coating formulations. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2, 2448–2451. <https://www.jmbfs.org/wp-content/uploads/2013/05/jmbfs-0354-aguilar.pdf>
- Ordoñez, Y., Zuñiga, D., Hoyos, J., Mosquera, S., & Mosquera, L. (2014). *Efecto de recubrimiento de almidón de yuca modificado y aceite de tomillo aplicado al pimiento ("Capsicum annum")*. *Scielo*. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342014000500006#:~:text=La%20aplicaci%C3%B3n%20del%20recubrimiento%20de,incrementando%20de%20esta%20manera%20el](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000500006#:~:text=La%20aplicaci%C3%B3n%20del%20recubrimiento%20de,incrementando%20de%20esta%20manera%20el)
- Orozco, E. (2017). *Elaboración y caracterización de películas de mucílago de nopal-pectina: efecto de la concentración del mucílago de nopal en las propiedades fisicoquímicas y mecánicas* [Tesis de Pregrado, Universidad de La Salle, Bogotá]. <https://1library.co/document/qvrv8dry-elaboracion-caracterizacion-peliculas-mucilago-concentracion-propiedades-fisicoquimicas-mecanicas.html>
- Parzanese, M. (2017). *Tecnologías para la Industria Alimentaria Liofilización de alimentos* [Ficha técnica]. [https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha\\_03\\_Liofilizad.pdf](https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_03_Liofilizad.pdf)

- Pezo, A., & Thairy, E. (2021). *Evaluación de la relación fenotipo ambiente de seis cultivares de tomate (*solanum lycopersicum l.*) en el cantón Machala*. [Tesis Pregrado, Universidad Técnica de Machala].  
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16536/1/TTUACA-2021-IA-DE00002.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*)* [Tesis Pregrado, Universidad Central del Ecuador].  
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16536/1/TTUACA-2021-IA-DE00002.pdf>
- Ramírez, J. (2007). Liofilización de alimentos. *ResearchGate*  
<https://www.researchgate.net/publication/259620189>
- Rincón, S., Buitrago, C., Ligarreto, G., Torres, W., Balanguera, H. (2015). Comportamiento del fruto de Agraz (*Vaccinium meridionale Swartz*) cosechado en diferentes estados de madurez y almacenado en refrigeración. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472012000200006#:~:text=El%20agraz%20es%20un%20fruto,la%20calidad%20comercial%20y%20nutricional](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472012000200006#:~:text=El%20agraz%20es%20un%20fruto,la%20calidad%20comercial%20y%20nutricional).
- Rios, G. (2007). *Distribución y variabilidad de *Rastonia solanacearum* Agente causal de marchitez bacteriana en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L*) en tres Departamentos del norte de Nicaragua (Esteli, Matafalpa y Jinotega)* [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/1366/1/tnh20r586.pdf>
- Romero, C. (2019). *Rendimiento de semilla pre básica de papa (*solanum tuberosum*) variedad chaucha roja, proveniente del sistema de producción aeropónico* [Tema de investigación, Universidad Técnica de Ambato].

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30477/1/Tesis-239%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20642.pdf>

Rubilar, J. F., Cruz, R. M. S., Silva, H. D., Vicente, A. A., Khmelinskii, I., & Vieira, M. C. (2013). Physico-mechanical properties of chitosan films with carvacrol and grape seed extract. *Journal of Food Engineering*, 115(4), 466–474. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2012.07.009>

Santillan, M. (2022). *Análisis de papa super chola (Solanum tuberosum L) para formulación de harina aromatizada con Chillangua y su aplicación en pastas artesanales cortas y largas* [Proyecto de investigación, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/61707/1/BINGQ-GS-22P42.pdf>

Solano, L. G., Beltran, L. A., & Jiménez, C. (2020). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *SciELO México*. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-888X2018000421203](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2018000421203)

Vargas, G., Martínez, P., & Velezmoro, C. (2016). Functional properties of potato (*Solanum tuberosum*) starch and its chemical modification by acetylation. *Scientia Agropecuaria*, 7, 223–230. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.09>

Vasquez, N. (2017). *Efecto de dos tipos de empaques y tres temperaturas en la conservacion de la calidad y vida util de los dos cultivares de arracacha* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1723>

Vera Bravo, A. F., & Chavarría, M. A. (2020). Extracción y caracterización del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) variedad leona blanca. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 10(2), 26–34. <https://www.camjol.info/index.php/elhigo/article/view/10550>

Yahia, E. (1995). La tecnología de las atmósferas modificadas y controladas. *Horticultura internacional*. *Horticultura Internacional*. [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_hortint/hortint\\_1995\\_8\\_20\\_25.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_hortint/hortint_1995_8_20_25.pdf)

Yang, L., & Paulson, A. (2000). Mechanical and water vapour barrier properties of edible gellan films. *Food Research International* 563-570.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996900000922>