



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y**  
**BIOTECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**



---

**Tema:** “Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de almidón de cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis* en la calidad y vida útil de la fresa (*Fragaria ananassa*)”

---

Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previa la obtención del Título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

**Autor:** Yandri Vinicio Ferrer Morocho

**Tutor:** Ph. D. Milton Rubén Ramos Moya

Ambato – Ecuador

Agosto - 2020


## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Ph.D. Milton Rubén Ramos Moya

### **CERTIFICA:**

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 27 de mayo del 2020



---

Ph.D. Milton Rubén Ramos Moya

C.I. 180111963-5

**TUTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Yandri Vinicio Ferrer Morocho, manifiesto que los resultados obtenidos en el proyecto de investigación, previamente a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales, a excepción de las citas.



---

Yandri Vinicio Ferrer Morocho

C.I. 050266004-6

**AUTOR**

## **APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los suscritos profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:



Dra. Liliana Alexandra Cerda Mejía  
Presidente de Tribunal



Ing. M.Sc. Diego Manolo Salazar Garcés  
C.I. 1803124294



Ing. Dolores del Rocío Robalino Martínez  
C.I. 1801769488

Ambato, 07 de septiembre del 2020

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo su reproducción parcial o total dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



---

Yandri Vinicio Ferrer Morocho

C.I. 050266004-6

**AUTOR**

## DEDICATORIA

*Porque sin su voluntad ni la mínima hoja de un árbol se cae, a Dios por guiar mi camino, bendecirme en cada uno de los pasos para alcanzar mis metas planteadas, por enseñarme a perseverar y servir a los demás y haberme otorgado una familia maravillosa.*

*Al concluir esta hermosa etapa de mi vida quiero dedicar este trabajo:*

*A mis padres Yolanda Morocho y Cristóbal Ferrer, por todo el cariño, la paciencia, el apoyo y el amor que me han brindado. Por resguardarme con sus oraciones y ayudarme a ser cada día una mejor persona.*

*A mis hermanas Mayra, Lupita, Diana y Cristina, por cada uno de sus consejos y palabras de aliento, prometo ponerlos en práctica para ser una persona de bien, y en especial a mi hermano Alexander, les adoro son los mejores.*

*A mis amigos Karina, Génesis, Alex, Ivan y Walter por los hermosos momentos que pasamos durante nuestra formación universitaria, gracias por su buena y linda amistad.*

*Recita siempre el libro  
de la ley y medita en él de día  
y de noche; cumple con  
cuidado todo lo que en él está  
escrito. Así prosperarás  
y tendrás éxito.*

*(Josué 1:9)*

***Con cariño***

***Vinicio Ferrer***

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios, por la vida y a mi familia que me ha brindado la fortaleza para luchar por mis objetivos.*

*A la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, por todos los conocimientos y experiencias brindadas y por ser el ente ejecutor de esta esperada meta.*

*A mi tutor, Dr. Milton Ramos por su paciencia, dedicación y gran apoyo incondicional en la realización de mi proyecto de investigación.*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	xv
<b>ABSTRACT</b> .....	xvi
<b>CAPITULO I</b> .....	1
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	1
1.1. Antecedentes Investigativos .....	1
1.2. Objetivos .....	5
1.2.1. Objetivo General.....	5
1.2.2. Objetivos Específicos .....	5
1.3. Hipótesis.....	5
1.3.1. Hipótesis Nula ( $H_0$ ).....	5
1.3.2. Hipótesis alternativa ( $H_a$ ) .....	5
1.4. Señalamiento de variables de la hipótesis .....	6
1.4.1. Variables Independientes .....	6
1.4.2. Variables Dependientes.....	6
<b>CAPITULO II</b> .....	7
<b>METODOLOGÍA</b> .....	7
2.1. Materiales .....	7
2.1.1. Materia prima .....	7
2.2. Métodos .....	7
2.2.1. Caracterización del fruto de cidrayota ( <i>sechium edule</i> ) de la variedad virens levis.....	7
2.2.1.1. Peso .....	7
2.2.1.2. Potencial de hidrógeno (pH) y acidez titulable .....	8
2.2.1.3. Sólidos solubles (°Brix) .....	8
2.2.1.4. Índice de madurez .....	8
2.2.1.5. Actividad de Agua (Aw) .....	9
2.2.1.6. Humedad y Materia seca.....	9
2.2.2. Extracción de almidón de cidrayota .....	9
2.2.3. Determinación de las características fisicoquímica del almidón .....	10
2.2.3.1. Materia seca y Humedad .....	10
2.2.3.2. Cenizas .....	10
2.2.3.3. Lípidos .....	11



2.2.3.4. Microscopía óptica.....	11
2.2.4. Propiedades funcionales del almidón.....	11
2.2.4.1. Temperatura de gelatinización.....	11
2.2.4.2. Capacidad de retención de agua (CRA), solubilidad (S) y poder de hinchamiento (PH).....	12
2.2.4.3. Viscosidad.....	12
2.2.5. Desarrollo del recubrimiento comestible a base de almidón de cidrayota.....	13
2.2.5.1. Preparación del recubrimiento comestible.....	13
2.2.5.2. Aplicación del recubrimiento en fresa.....	13
2.2.6. Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales de la fresa con recubrimiento y almacenada en refrigeración.....	13
2.2.6.1. Pérdida de peso.....	14
2.2.6.2. Sólidos solubles totales (°Brix).....	14
2.2.6.3. Acidez titulable (% ácido cítrico).....	14
2.2.6.4. Potencial de hidrógeno (pH).....	14
2.2.6.5. Análisis sensorial.....	14
2.2.6.6. Determinación del tiempo de vida útil.....	14
2.3. Diseño experimental.....	15
2.4. Análisis Estadístico.....	16
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>17</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>17</b>
3.1. Análisis y discusión de resultados.....	17
3.1.1. Caracterización de la fresa.....	17
3.1.2. Caracterización de la cidrayota.....	18
3.1.3. Rendimiento del almidón de cidrayota.....	19
3.1.4. Análisis fisicoquímicos del almidón de cidrayota.....	19
3.1.5. Propiedades funcionales del almidón de cidrayota.....	20
3.1.5.1. Temperatura de gelatinización.....	20
3.1.5.2. Capacidad de retención de agua (CRA), solubilidad (S) y poder de hinchamiento (PH).....	21
3.1.5.3. Viscosidad.....	22
3.1.5.4. Microscopía óptica del almidón de cidrayota.....	24
3.1.6. Evaluación de las características fisicoquímicas de la fresa con recubrimiento y almacenada en refrigeración.....	24
3.1.6.1. Pérdida de peso.....	24
3.1.6.2. Sólidos solubles.....	27
3.1.6.3. pH.....	29
3.1.6.4. Acidez titulable (AT).....	30
3.1.6.5. Análisis sensorial.....	32
3.1.6.6. Determinación del tiempo de vida útil del mejor tratamiento.....	37
3.2. Verificación de hipótesis.....	39

<b>CAPÍTULO IV</b> .....	40
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	40
4.1. Conclusiones .....	40
4.2. Recomendaciones .....	41
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	42
<b>ANEXOS</b> .....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Factores y niveles en la elaboración del recubrimiento comestible.....	15
<b>Tabla 2:</b> Tratamientos empleados en la elaboración del recubrimiento comestible.....	16
<b>Tabla 3:</b> Caracterización fisicoquímica de la fresa fresca.....	18
<b>Tabla 4:</b> Caracterización fisicoquímica de la cidrayota.....	19
<b>Tabla 5:</b> Rendimiento del almidón (%) de cidrayota.....	19
<b>Tabla 6:</b> Análisis fisicoquímicos del almidón de cidrayota.....	20
<b>Tabla 7:</b> Capacidad de retención de agua (g agua /g muestra), Solubilidad (%) y Poder de Hinchamiento (g agua /g muestra) a diferentes temperaturas.....	22
<b>Tabla 8:</b> Pérdida de peso (%) de la fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota almacenada en refrigeración (4 °C) durante 10 días.....	26
<b>Tabla 9:</b> Sólidos solubles totales (°Brix) de la fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota almacenada en refrigeración (4 °C) durante 10 días.....	27
<b>Tabla 10:</b> Potencial de Hidrógeno (pH) de la fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota almacenada en refrigeración (4 °C) durante 10 días.....	29
<b>Tabla 11:</b> Acidez titulable (% ácido cítrico) de la fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota almacenada en refrigeración (4 °C) durante 10 días.....	31
<b>Tabla 12:</b> Resultados del atributo aroma de la fresa almacenada en refrigeración (4 °C) de los diferentes tratamientos al sexto día con un panel de 10 catadores.....	33
<b>Tabla 13:</b> Resultados del atributo color de la fresa almacenada en refrigeración (4 °C) de los diferentes tratamientos en el sexto día con un panel de 10 catadores.....	34
<b>Tabla 14:</b> Resultados del atributo sabor de la fresa almacenada en refrigeración (4 °C) de los diferentes tratamientos en el sexto día con un panel de 10 catadores.....	35
<b>Tabla 15:</b> Resultados del atributo textura de la fresa almacenada en refrigeración (4 °C) de los diferentes tratamientos en el sexto día con un panel de 10 catadores.....	36
<b>Tabla 16:</b> Tiempo de vida útil de los diferentes tratamientos en la fresa almacenada en refrigeración (4 °C) durante 10 días.....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

<b>Figura 1:</b> Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ).....	2
<b>Figura 2:</b> Fresa ( <i>Fragaria ananassa</i> ) .....	3
<b>Figura 3:</b> Tabla de color de la fresa según el estado de madurez.....	7
<b>Gráfico 1:</b> Caracterización reológica de la solución acuosa de almidón de cidrayota al 5% (p/v) y temperatura a 25 °C.....	23
<b>Gráfico 2:</b> Viscosidad aparente (mPa.s) de la solución acuosa del almidón de a diferentes gradientes de deformación (1/s).....	23
<b>Gráfico 3:</b> Observación microscópica de almidón de cidrayota (A), papa (B) y maíz (C) teñidas con Lugol. ....	24
<b>Gráfico 4:</b> Control de la pérdida de peso (g) de la fresa con y sin tratamiento durante el almacenamiento en refrigeración (4 °C).. ....	25
<b>Gráfico 5:</b> Pérdida de peso (%) de la fresa con y sin tratamiento durante el almacenamiento en refrigeración (4 °C). ....	26
<b>Gráfico 6:</b> Variación de los sólidos solubles totales (°Brix) de la fresa con y sin tratamiento durante el almacenamiento en refrigeración (4 °C). ....	28
<b>Gráfico 7:</b> Variación del pH de la fresa con y sin tratamiento durante el almacenamiento en refrigeración (4 °C).....	30
<b>Gráfico 8:</b> Variación de Acidez titulable (% ácido cítrico) de la fresa con y sin tratamiento durante el almacenamiento en refrigeración (4 °C).....	31
<b>Gráfico 9:</b> Ecuaciones de la pérdida de peso la fresa con y sin tratamiento durante el almacenamiento en refrigeración (4 °C).. ....	38

## INDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO A:</b> Diagramas de flujo de la fase experimental.....	51
<b>FIGURA A 1:</b> Extracción de almidón de cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ).....	52
<b>FIGURA A 2:</b> Preparación del recubrimiento comestible a base de almidón de cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ) .....	53
<b>FIGURA A 3:</b> Aplicación del recubrimiento en fresas ( <i>Fragaria ananassa</i> ).....	53
<b>ANEXO B:</b> Fotografías de la fase experimental .....	54
<b>ANEXO C:</b> Tablas del análisis estadístico para las propiedades fisicoquímicas de la fresa con recubrimiento almacenada a 4 °C .....	57
<b>Tabla C 1:</b> Análisis de Varianza para Pérdida de peso (%) en fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota al día 10 de almacenamiento (4 °C) - Suma de Cuadrados Tipo III .....	58
<b>Tabla C 2:</b> Prueba Tukey HSD para pérdida de peso (%). Método: 95,0 %.....	58
<b>Tabla C 3:</b> Análisis de Varianza para SST en fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota al día 10 de almacenamiento (4 °C) - Suma de Cuadrados Tipo III.....	58
<b>Tabla C 4:</b> Prueba Tukey HSD para SST. Método: 95,0 % .....	58
<b>Tabla C 5:</b> Análisis de Varianza para pH en fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota al día 10 de almacenamiento (4 °C) - Suma de Cuadrados Tipo III.....	59
<b>Tabla C 6:</b> Prueba Tukey HSD para pH. Método: 95,0 % .....	59
<b>Tabla C 7:</b> Análisis de Varianza para Acides Titulable (% Ác. Cítrico) en fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota al día 10 de almacenamiento (4 °C) - Suma de Cuadrados Tipo III .....	59
<b>Tabla C 8:</b> Prueba Tukey HSD para Acides Titulable. Método: 95,0 % .....	59
<b>Tabla C 9:</b> Análisis de Varianza para el atributo aroma en fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota al sexto día de almacenamiento (4 °C) - Suma de Cuadrados Tipo III.....	60
<b>Tabla C 10:</b> Prueba Tukey HSD para el atributo aroma. Método: 95,0 % .....	60

<b>Tabla C 11:</b> Análisis de Varianza para el atributo color en fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota al sexto día de almacenamiento (4 °C) - Suma de Cuadrados Tipo III.....	60
<b>Tabla C 12:</b> Prueba Tukey HSD para el atributo color. Método: 95,0 % .....	60
<b>Tabla C 13:</b> Análisis de Varianza para el atributo sabor en fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota al sexto día de almacenamiento (4 °C) - Suma de Cuadrados Tipo III.....	61
<b>Tabla C 14:</b> Prueba Tukey HSD para el atributo sabor. Método: 95,0 % .....	61
<b>Tabla C 15:</b> Análisis de Varianza para el atributo textura en fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota al sexto día de almacenamiento (4 °C) - Suma de Cuadrados Tipo III.....	61
<b>Tabla C 16:</b> Prueba Tukey HSD para el atributo textura. Método: 95,0 % .....	61
<b>ANEXO D:</b> Gráficos del análisis estadístico de las propiedades fisicoquímicas de la fresa con recubrimiento.....	62
<b>Gráfico D 1:</b> Prueba de Tukey HSD para Pérdida de peso (%). Método: 95,0 % .....	63
<b>Gráfico D 2:</b> Prueba de Tukey HSD para SST. Método: 95,0 % .....	63
<b>Gráfico D 3:</b> Prueba de Tukey HSD para pH. Método: 95,0 % .....	64
<b>Gráfico D 4:</b> Prueba de Tukey HSD para Acidez titulable (% Ác. Cítrico). Método: 95,0 %.....	64
<b>ANEXO E:</b> Valores de viscosidad aparente ( $\mu$ , mPa.s) .....	65
<b>Tabla E 1:</b> Valores de viscosidad para determinar el comportamiento de la solución de almidón de la fruta de cidrayota.....	65
<b>ANEXO F:</b> Hoja de catación.....	66
<b>Tabla F 1:</b> Hoja de catación en la evaluación sensorial para fresas sin tratamiento y con tratamiento.....	67

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de almidón de cidrayota en la calidad y vida útil de la fresa almacenada a 4 grados centígrados durante 10 días. Se determinó la caracterización fisicoquímica de la cidrayota, los parámetros fisicoquímicos y propiedades funcionales del almidón y se utilizó un diseño factorial completo para evaluar la concentración de almidón (a0: 1 por ciento y a1: 2 por ciento) y el tiempo de inmersión (b0: 5 min y b1: 10 min) en la calidad fisicoquímica y vida útil de la fresa almacenada en refrigeración. La cidrayota presentó las siguientes características: pH 6,7, SST 4,6 grados brix, acidez 0,036 gramos ácido cítrico por cada gramo de muestra, índice de madurez 129,6 y contenido de almidón 1,45 por ciento. El almidón una humedad de 8,4 por ciento, materia seca 91,55 por ciento, cenizas 0,51 por ciento, lípidos 0,22 por ciento, temperatura de gelatinización 65,4 grados centígrados, capacidad de retención de agua 7,75 por ciento, solubilidad 3,96 por ciento y poder de hinchamiento 9,11 por ciento. El mejor recubrimiento fue el tratamiento con 2 por ciento de almidón y 10 min de inmersión debido a la menor pérdida de peso a los 5,7 días, altos valores en color, sabor y textura, y mayor tiempo de vida útil (6,7 días). Se concluyó que el recubrimiento en base a almidón de cidrayota cumple una función protectora de barrera en la fresa y evita la pérdida de agua, y evidenció el potencial del almidón como recubrimiento comestible.

**Palabras clave:** Manejo Postcosecha, Conservación de alimentos, Recubrimientos comestibles, Vida útil de alimentos, Fresas

## ABSTRACT

This research aimed to evaluate the effect of applying a cidrayota starch-based coating on the quality and shelf life of strawberries stored at 4 degrees Celsius for 10 days. The physicochemical characterization of cidrayota, the physicochemical parameters and functional properties of the starch were determined and a full factorial design was used to evaluate the starch concentration (a0: 1 percent and a1: 2 percent) and the immersion time (b0 : 5 min and b1: 10 min) in the physicochemical quality and useful life of the strawberry stored in refrigeration. The cidrayota presented the following characteristics: pH 6.7, SST 4.6 degrees brix, acidity 0.036 grams citric acid for each gram of sample, maturity index 129.6 and starch content 1.45 percent. Starch a humidity of 8.4 percent, dry matter 91.55 percent, ash 0.51 percent, lipids 0.22 percent, gelatinization temperature 65.4 degrees Celsius, water retention capacity 7.75 percent, solubility 3.96 percent and swelling power 9.11 percent. The best coating was the treatment with 2 percent starch and 10 min of immersion due to the lower weight loss at 5.7 days, high values in color, flavor and texture, and longer shelf life (6.7 days). It was concluded that the cidrayota starch-based coating plays a protective barrier function in strawberries and prevents water loss, and evidenced the potential of starch as an edible coating.

**Keywords:** Postharvest handling, Food preservation, Edible coatings, Food shelf life, Strawberries



# CAPITULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes Investigativos

La cidrayota (*Sechium edule*) es una planta trepadora, monoica, vivípara y domesticada por las culturas precolombinas de América Central, introducida en diferentes países por los españoles debido a su adaptabilidad (**Terrazas-Hernández, 2013**). Su importancia a nivel económico es muy variable, ya que su cultivo para alimentación es prácticamente inexistente en los países europeos y, por el contrario, su cultivo y consumo están muy arraigados en Centroamérica, Caribe, China e India (**Castro, 2015**). Según **Avila (2010) & Moreira (2018)**, esta fruta es de fácil cultivo, se adapta a diferentes climas y su producción es todo el año. Crece entre 0 y 2800 msnm, y en clima tropical y sub-tropical cuando la temperatura varía entre los 13 y 21 °C. Está compuesta por raíces engrosadas, tallos delgados ramificados de hasta 10 m de longitud, sus hojas son amplias (9,5 a 18 cm de largo y 11 a 21,5 de ancho), ovadas o pentagonales.

El fruto (Figura 1) es ovoide o en forma de pera, carnoso y puede ser espinoso. Mide de 7 a 20 cm de largo, y su peso varía entre 300 g hasta 2 kg (**Núñez, 2015**). Contiene 4,5 g de carbohidratos, 1,7 g de fibra, 0,9 g de proteína y 94,24 g de agua en 100 g de fruta. Posee un alto contenido de antioxidantes (vitaminas C, E y A) que ayudan a la destrucción de los dañinos radicales libres. Además, contiene peroxidasas, esteroides, alcaloides, saponinas, fenoles, polifenoles, flavonoides y cucurbitacinas (**Mejía et al., 2016**). El mesocarpio verde o blanco está formado básicamente de parénquima rico en almidón y agua (**Giraldo, 2013**). El almidón de la cidrayota presenta la siguiente composición (%): humedad (7,02), proteína (0,29), carbohidratos (98,56), lípidos (0,16), cenizas (0,46), fósforo (0,15), amilopectina (87,19) y amilosa (12,90) (**Villegas, 2017**).



**Figura 1:** Cidrayota (*Sechium edule*)

De otro lado, la fresa (*Fragaria ananassa*) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las Rosáceas. Es un fruto (Figura 2) múltiple denominado botánicamente “eterio”, cuyo receptáculo es la parte comestible (**Márquez, 2015**). El género *Fragaria* es muy diverso con alrededor de veinte especies dispersas alrededor del mundo, cada cual con una variedad de niveles de ploidia (**Dotto, 2013**). Se caracteriza por su alto contenido nutricional, especialmente vitamina C y minerales; además, contiene antioxidantes y ácidos orgánicos, principalmente el elágico que inhibe células cancerígenas (**Restrepo et al., 2012**). Es un fruto no climatérico, altamente apreciado por los consumidores debido a sus excelentes propiedades organolépticas. Sin embargo, su conservación constituye un problema para los productores y la industria, debido a su alta tasa de respiración, retención de agua y poca resistencia a daños mecánicos y microbiológicos. Es muy perecedero y generalmente se deteriora entre 3 y 5 días después de la cosecha en condiciones ambientales naturales (**Beltrán, 2010**).



**Figura 2:** Fresa (*Fragaria ananassa*)

Las pérdidas postcosecha de la fresa producida por hongos se pueden controlar de forma eficaz con la aplicación de fungicidas, pero los residuos que dejan estos productos en la fruta resultan perjudiciales para la salud. Por esto, existe una creciente necesidad de desarrollar nuevos métodos de preservación que permitan controlar aquellas pérdidas **(Hernández et al., 2008; Tarco, 2017)**; entre estos métodos están los recubrimientos comestibles (RC) que se utilizan en las frutas y hortalizas con el fin de extender su vida útil y mantener su calidad **(Oliveira et al., 2013)**.

Los RC son matrices que pueden estar formadas por ceras, proteínas, polisacáridos o derivados de la celulosa, que permiten mantener la calidad de los alimentos, reducir la pérdida de agua y de oxígeno, impartir brillo y conservar el color. También son usados para extender la vida útil y retardar el proceso de senescencia en frutas y vegetales, además de ser seguros para la incorporación de compuestos antimicrobianos **(Ramírez et al., 2013)**. Permiten la incorporación de antioxidantes, sales de calcio o ingredientes funcionales como minerales y vitaminas que son ampliamente utilizados para mejorar la calidad **(Velásquez et al., 2014)**. Los RC presentan bondades como comestibilidad, dureza, transparencia, y buenas propiedades de barreras contra el oxígeno **(Ribeiro et al., 2007; Tarco, 2017)**. **Eric (2009)**, señala que los polisacáridos y las proteínas son

polímeros que forman redes moleculares cohesionadas por una alta interacción entre sus moléculas, que confiere buenas propiedades mecánicas y de barrera a gases (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>), por lo cual retardan la respiración y el envejecimiento de muchas frutas y hortalizas.

Según **Quintero (2015)**, los almidones son polisacáridos vegetales compuestos por amilosa y amilopectina, los cuales se encuentran en forma de estructuras complejas denominados gránulos. Además, son relativamente densos y se hidratan difícilmente en agua fría. Fisiológicamente son sustancias de reserva, y se encuentran principalmente en los granos de cereales, tubérculos, frutas y en varias legumbres. En los tejidos vegetales, se encuentran presentes en forma de gránulos intracelulares compactos con estructura y tamaño característico, según la planta de la cual provienen. Los almidones de diferentes fuentes como trigo, maíz, papa y yuca se han utilizado como recubrimientos, obteniéndose películas con buenas propiedades de flexibilidad y permeabilidad al vapor de agua (**Parra et al., 2004**).

El almidón es capaz de actuar en combinación con aceites esenciales (AEs) de diferentes orígenes, mismos que son ampliamente conocidos por conferirle al producto atributos sensoriales y poseer características como capacidad antioxidante y antimicrobiana, con importantes perspectivas para el control del crecimiento de microorganismos patógenos y alterantes, como es el caso del aceite de bergamota, canela, vainilla, rosas, cítricos como el limón, mandarina y naranja, entre otros (**Rico et al., 2012**). Los AEs son sustancias hidrofóbicas que poseen propiedades antimicrobianas y antioxidantes, con un potencial alto como conservador natural en la industria alimentaria, y son considerados sustancias GRAS (Generalmente Reconocidas como Seguras) (**Sacchetti et al., 2005; Quispe, 2017**). **Dussán-Sarría et al. (2014)** evaluaron un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca, con la incorporación de glicerol, cera de carnauba y aceite de canola en mangos cv Tommy Atkins mínimamente procesado, manteniendo los atributos de calidad sensorial, físicos y químicos y logrando prolongar su vida útil hasta 24 días en condiciones de refrigeración ( $5 \pm 1$  °C y  $90 \pm 2\%$  de HR).

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible elaborado con almidón de cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis* en la calidad y vida útil de la fresa (*Fragaria ananassa*) almacenada en refrigeración a 4 °C.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Extraer el almidón de cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis*.
- Determinar las características fisicoquímicas y funcionales del almidón de cidrayota.
- Evaluar las características fisicoquímicas de la fresa (*Fragaria ananassa*) inmersas en un recubrimiento comestible a base de almidón de cidrayota.
- Determinar el mejor tratamiento y vida útil de la fresa con recubrimiento comestible almacenada en refrigeración a 4 °C durante 10 días en función de la pérdida de peso.

## 1.3. Hipótesis

### 1.3.1. Hipótesis Nula ( $H_0$ )

El porcentaje de almidón de cidrayota y el tiempo de inmersión no afectan significativamente en las características fisicoquímicas de la fresa.

### 1.3.2. Hipótesis alternativa ( $H_a$ )

El porcentaje de almidón de cidrayota y el tiempo de inmersión afectan significativamente en las características fisicoquímicas de la fresa.

## **1.4. Señalamiento de variables de la hipótesis**

### **1.4.1. Variables Independientes**

- Porcentaje de almidón de cidrayota
- Tiempo de inmersión

### **1.4.2. Variables Dependientes**

Características fisicoquímicas de la fresa con recubrimiento

- Pérdida de peso
- Sólidos solubles totales (SST)
- Potencial de hidrógeno (pH)
- Acidez titulable (AT)

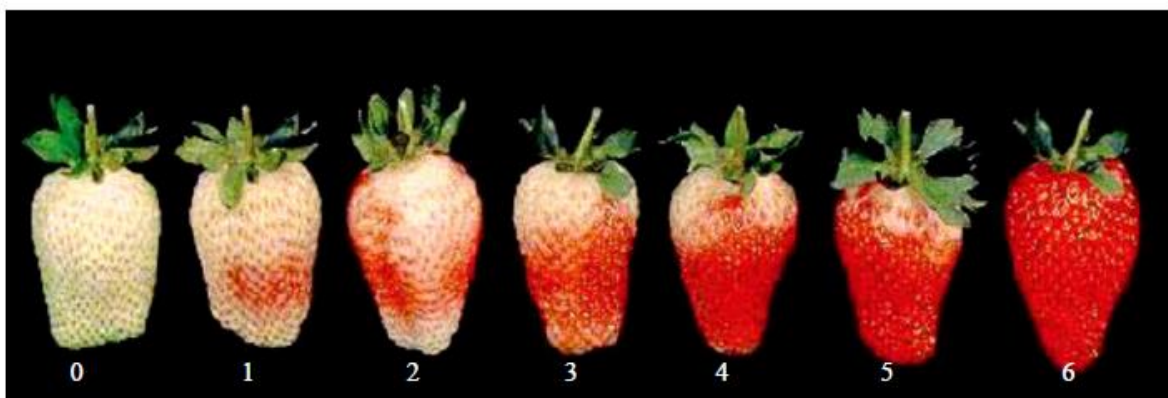
## CAPITULO II

### METODOLOGÍA

#### 2.1. Materiales

##### 2.1.1. Materia prima

Para la experimentación se adquirió cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis* en la Parroquia Rio Verde, Cantón Baños, Provincia de Tungurahua; mientras que la fresa de la variedad Albión se obtuvo en el Cantón Cevallos, Provincia de Tungurahua, con un estado de madurez que corresponde a una coloración 4 y 5 (Figura 3), según la clasificación detallada en la norma colombiana (NTC 4103) y descrita por **Camargo (2011)**. Tanto la cidrayota como la fresa fueron transportadas inmediatamente a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato, para su respectivo análisis y procesamiento.



**Figura 3:** Tabla de color de la fresa según el estado de madurez

#### 2.2. Métodos

##### 2.2.1. Caracterización del fruto de cidrayota (*sechium edule*) de la variedad *virens levis*.

###### 2.2.1.1. Peso

Se procedió a pesar una muestra de 10 unidades de cidrayota de forma individual y tomadas al azar en una balanza analítica (Citizen Sale-USA), con una precisión de 0,1 g, y posteriormente se determinó el valor promedio.

#### **2.2.1.2. Potencial de hidrógeno (pH) y acidez titulable**

El pH se determinó de acuerdo a la norma NTE INEN-ISO 1842 (INEN 2013b), usando un pH-metro digital (Mettler Toledo – G20), por medida directa. Mientras que la acidez titulable mediante la metodología descrita por la norma NTE INEN-ISO 750 (INEN 2013a), con la utilización de un titulador automático (Mettler Toledo G20 – Titrator Compact) con NaOH 0,1 N hasta un pH final de  $8,1 \pm 0,2$ . Ambos análisis se realizaron por triplicado en una solución de agua destilada (45 ml) con 5 g de pulpa. Los resultados de acidez se expresaron como porcentaje de ácido cítrico contenido en la muestra y se calculó mediante la ecuación 1.

$$A = V \times 2 \times F \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

A = Acidez titulable en porcentaje de ácido específico (g ácido cítrico/100 g de fruta)

V = Volumen de solución de NaOH 0,1 N empleado en la titulación (ml)

F = Factor de acidez del ácido cítrico (0,064) (Castro et al., 2015)

#### **2.2.1.3. Sólidos solubles (°Brix)**

Se determinó por triplicado mediante la norma NTE INEN-ISO 2173 (INEN 2013c). Se realizó la medición de sólidos solubles del filtrado de una muestra triturada con el uso de un refractómetro ATAGO® Pcket-Japón.

#### **2.2.1.4. Índice de madurez**

El índice de madurez se determinó utilizando la norma NTE INEN 411 (INEN 2015), y se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de madurez} = \frac{\text{Sólidos solubles (°Brix)}}{\text{Acidez titulable}} \quad (\text{Ecuación 2})$$



#### 2.2.1.5. Actividad de Agua ( $A_w$ )

La  $A_w$  se determinó mediante el uso del medidor de actividad de agua AquaLab (Dew Point, Water Activity Meter, 4TE). Para ello, se calibró el equipo con agua destilada hasta obtener un valor de  $A_w$  1,00; posteriormente se colocaron 2 g de muestra en el interior del AquaLab, y se obtuvo el valor de  $A_w$  de forma directa. La  $A_w$  se determinó por triplicado en 4 unidades.

#### 2.2.1.6. Humedad y Materia seca

La humedad se determinó por triplicado mediante una balanza de humedad (Mettler Toledo HX204 – Moisture Analyzer) a una temperatura de  $105 \pm 0,1$  °C. Para calcular el contenido de materia seca (g/100 g), se utilizó la ecuación 3.

$$\% MS = 100 - \% H \quad (\text{Ecuación 3})$$

Dónde:

% MS = Contenido de materia seca

% H = Contenido de humedad

#### 2.2.2. Extracción de almidón de cidrayota

El proceso de extracción de almidón se observa en el Anexo A, Figura A1, para lo cual se utilizaron cien unidades de cidrayota, siguiendo la metodología propuesta por **Jairo, Dumar & Carlos, (2014)**. En términos generales a la cidrayota después de su recepción y selección, se procedió a lavarla con agua del grifo para la eliminación de impurezas. Seguidamente de un pelado para la eliminación de la cáscara y semilla, después se cortó en cubos de 1 a 2 cm, mismos que se sometieron a un lavado con agua de llave (3 veces). Posteriormente, se trituraron con agua en una relación de 1:2 de su peso en una licuadora industria (Equi-AL) durante 1 min. El triturado se filtró con la ayuda de un lienzo. El filtrado se dejó en reposo durante 20 h, y el sobrenadante se eliminó. El almidón húmedo se colocó en una estufa a  $50 \pm 1$  °C por 24 h. El almidón seco se homogenizó en un molino (M20 KIKA® - Werke), se tamizó y se almacenó en fundas herméticas.

### 2.2.3. Determinación de las características fisicoquímica del almidón

#### 2.2.3.1. Materia seca y Humedad

La materia seca y la humedad se determinaron por triplicado de acuerdo a la metodología descrita por la norma NTC 3528 **ICONTEC (2002)**. Para ello se pesaron 3 g de muestra de almidón en una cápsula seca y tarada, enseguida se colocó en una estufa a  $80 \pm 1$  °C durante 24 h. Posteriormente, se enfrió en un desecador y se procedió a su pesaje. Para la determinación del contenido de materia seca y humedad se aplicaron las ecuaciones 4 y 5.

$$\% \text{ materia seca} = \frac{(p_3 - p_1)}{(p_2 - p_1)} * 100 \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

$p_1$  = peso de la cápsula (g)

$p_2$  = peso de la muestra + cápsula (g)

$p_3$  = peso de la cápsula + muestra seca (g)

$$\%H = 100 - \% \text{ Materia seca} \quad (\text{Ecuación 5})$$

% H = porcentaje de humedad

#### 2.2.3.2. Cenizas

El contenido de cenizas se determinó por triplicado, según la norma NTE INEN-ISO 3593 (**INEN, 2014a**). Este método ayuda a una estimación del material mineral presente en el almidón como metales, sales y trazas de elementos. Se pesaron aproximadamente 3 g de muestra en un crisol seco y tarado. Los crisoles con las muestras se colocaron en una mufla (Nabertherm) a 600 °C durante 4 h. Posteriormente, se enfriaron en un desecador hasta obtener una temperatura contante, y se pesaron los crisoles con las muestras incineradas. Para la determinación del contenido de cenizas se utilizó la ecuación 6.

$$\% \text{ Cenizas} = m_1 * \frac{100}{m_0} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Dónde:

$m_0$  = masa, en g, de la porción de ensayo;

$m_1$  = masa, en g, del residuo tras la incineración.

### 2.2.3.3. Lípidos

El contenido de lípidos se determinó según la norma NTE INEN-ISO 3947 (**INEN, 2014b**), en la cual se extrajo la grasa durante 4 h por medio de ebullición y lavado; por triplicado. El contenido de lípidos se calculó con la utilización de la ecuación 7.

$$\% \text{ Lípidos} = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

$m_0$  = masa de la porción de ensayo a analizar (g).

$m_1$  = masa del recipiente de extracción vacío (g).

$m_2$  = masa del recipiente y del residuo graso después del secado (g).

### 2.2.3.4. Microscopía óptica

Para la observación morfológica de los gránulos de almidón se utilizó un microscopio óptico, y la metodología descrita por **Lalaleo (2017)**. Para ello se preparó una solución de almidón (0,1 g de almidón con 5 ml de agua destilada), posteriormente se colocó una gota de la solución y una gota de Lugol en un porta objeto, se dejó secar por 5 min para una buena tinción de los gránulos de almidón, y se pueda realizar una buena observación y distribución de los mismos. Las observaciones se realizaron con el lente de inmersión 100 x.

## 2.2.4. Propiedades funcionales del almidón

### 2.2.4.1. Temperatura de gelatinización

Se determinó por triplicado de acuerdo a la metodología descrita por **Aristizábal y Sánchez (2007)**. Para ello, se pesaron 10 g de almidón y se completó con agua destilada

hasta 100 ml. Se tomaron 50 ml de la solución en vasos de precipitación, y se colocaron en baño maría a 85 °C y se agitaron hasta que se estabilice, midiendo la temperatura directamente con un termómetro en el momento de su gelatinización.

#### **2.2.4.2. Capacidad de retención de agua (CRA), solubilidad (S) y poder de hinchamiento (PH)**

Estos parámetros se determinaron por triplicado de acuerdo a la metodología descrita por **Acevedo et al. (2014)**. Se preparó una solución de 1,25 g de almidón con 30 ml de agua destilada en tubos de centrifuga y se colocaron en un baño maría a diferentes temperaturas (50, 60, 70 y 80 °C) por 30 min. Posteriormente, se centrifugó a 4900 rpm por 30 min, el sobrenadante se decantó en una probeta y se registró su volumen y el peso del precipitado en los tubos (Gel). Se tomó 10 ml del sobrenadante y se colocó en una estufa a 70 °C durante 24 h y seguidamente se registró su peso (solubles). La CRA, S y PH se determinaron mediante las ecuaciones 8, 9 y 10, respectivamente.

$$CRA = \frac{\text{peso del gel (g)}}{\text{peso muestra (g)}} \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$S = \frac{\text{peso solubles (g)} * V * 10}{\text{peso muestra (g)}} \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$PH = \frac{\text{peso del gel (g)}}{\text{peso muestra (g)} - \text{peso solubles (g)}} \quad (\text{Ecuación 10})$$

#### **2.2.4.3. Viscosidad**

La viscosidad se determinó por triplicado mediante la metodología descrita por **Aristizábal y Sánchez (2007)**. Se pesaron 25 g de almidón y se completó con agua destilada hasta 500 ml, se sometió a ebullición por 15 min, rápidamente se enfrió a 25 °C y se midió la viscosidad mediante el viscosímetro rotacional Quimis Q860M21, de medición relativa, empleando el usillo # 2.

## **2.2.5. Desarrollo del recubrimiento comestible a base de almidón de cidrayota**

### **2.2.5.1. Preparación del recubrimiento comestible**

La preparación del recubrimiento comestible a base de almidón de cidrayota, ácido cítrico, glicerol, Tween 80 y aceite esencial de limón se realizó mediante la metodología descrita por **Paredes (2017)** con algunas modificaciones (Anexo A, Figura A2). Se utilizó almidón a una concentración de 1 % (p/v) disuelto en agua y se agregó ácido cítrico a una concentración de 0,5 % (p/v) y glicerina al 1 % (v/v). La disolución se calentó a una temperatura de 85 °C durante 5 min, con agitación constante a 200 rpm. Posteriormente, se redujo la temperatura a 60 °C y se añadió aceite esencial de limón al 1,5 % (v/v) y Tween 80 al 0,5 % (v/v). La solución se homogenizó durante 5 min y se enfrió a 35 °C. Para la preparación del recubrimiento comestible con 2 % de almidón se procedió de manera similar.

### **2.2.5.2. Aplicación del recubrimiento en fresa**

El recubrimiento comestible al 1 y 2 % de almidón se aplicó a la fresa mediante inmersión por 5 y 10 min de acuerdo a la metodología descrita por (**Paredes, 2017**) y según el diseño experimental. Inmediatamente, la fresa se colocó en un secador GANDER MTM con aire circulante a 21 °C durante 45 min. Posteriormente, se procedió a colocar 250 g de fresas en envases de tereftalato de polietileno (PET) perforados con una capacidad de 500 g y almacenada en refrigeración a  $4 \pm 1$  °C durante 10 días. En el Anexo A, Figura A3 se detalla la aplicación del recubrimiento por inmersión de la fresa fresca.

## **2.2.6. Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales de la fresa con recubrimiento y almacenada en refrigeración**

Los análisis de las características fisicoquímicas de la fresa con recubrimiento y en refrigeración se realizaron cada 2 días durante el almacenamiento, excepto la pérdida de peso que se evaluó cada día.

### 2.2.6.1. Pérdida de peso

La pérdida de peso (Pp) se determinó mediante el método descrito por **Barco et al. (2011)**, y se calculó mediante la ecuación 11.

$$\%Pp = \frac{p_i - p_f}{p_i} * 100 \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

Pp = pérdida de peso relativa al peso inicial (%)

p<sub>i</sub> = peso inicial (g)

p<sub>f</sub> = peso final (g)

### 2.2.6.2. Sólidos solubles totales (°Brix)

El contenido de sólidos solubles totales se realizó conforme al ítem 2.2.1.3

### 2.2.6.3. Acidez titulable (% ácido cítrico)

La determinación de acidez titulable se realizó mediante el ítem 2.2.1.2

### 2.2.6.4. Potencial de hidrógeno (pH)

El pH se determinó acorde al ítem 2.2.1.2

### 2.2.6.5. Análisis sensorial

El análisis sensorial de los diferentes tratamientos se realizó mediante el procedimiento descrito por **Jima (2015)**, con algunas modificaciones, utilizando un panel de 10 catadores no entrenados, mismos que evaluaron el color, aroma, sabor y textura de la fresa refrigerada a 4 °C, cada 2 días durante el almacenamiento (**Hernández, 2014**). En el Anexo F, Tabla F1 se presenta la hoja de catación para la fresa con recubrimiento y sin recubrimiento.

### 2.2.6.6. Determinación del tiempo de vida útil

La vida útil de un alimento se puede definir como el tiempo durante el cual el producto es apto para el consumo y no posee cambios en sus atributos sensoriales, o lo que es equivalente al tiempo en el cual el producto se vuelve inaceptable para el consumo, debido a que sus características han cambiado. Tales cambios pueden no ser siempre de origen

microbiológico, un producto puede ser inaceptable debido a daño por insectos, pérdida de agua, decoloración, endurecimiento o rancidez (Flores, 2019).

El tiempo de vida útil se realizó mediante el análisis de la pérdida de peso de la fresa usando el método propuesto por Alvarado (2014) en función del tiempo de almacenamiento y ajustando los datos obtenidos a una ecuación cinética de primer orden. Se estableció como límite de vida útil de la fresa un 6 % de pérdida de su peso, de acuerdo a Beltrán (2010), y se calculó mediante la ecuación 12.

$$\% P_p = \% P_{P_0} + k t \quad \text{(Ecuación 12)}$$

Donde:

$\% P_p$  = pérdida de peso a tiempo  $t$  (%)

$\% P_{P_0}$  = pérdida de peso inicial (%)

$t$  = tiempo de almacenamiento (días)

$k$  = constante de velocidad de reacción (% \* días<sup>-1</sup>)

### 2.3. Diseño experimental

En la presente investigación se aplicó un diseño con dos factores (porcentaje de almidón y tiempo de inmersión de la fruta en la solución) y dos niveles en cada factor (Tabla 1), resultando un experimento factorial completo  $2^k$  ( $2^2$ ). La combinación de los factores y el tratamiento control sin recubrimiento se observan en la Tabla 2. Cada tratamiento se realizó por triplicado.

**Tabla 1:** Factores y niveles en la elaboración del recubrimiento comestible

Factor		Niveles
A	Almidón (%)	a <sub>0</sub> : 1
		a <sub>1</sub> : 2
B	Tiempo de inmersión (min)	b <sub>0</sub> : 5
		b <sub>1</sub> : 10

### Modelo matemático

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \tau\beta_{ij} + R_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$\mu$  = Efecto constante denominado media global.

$\tau_i$  = Efecto producido por el nivel i-ésimo del factor A, ( $\sum_i \tau_i = 0$ ).

$\beta_j$  = Efecto producido por el nivel j-ésimo del factor B, ( $\sum_j \beta_j = 0$ )

$(\tau\beta)_{ij}$  = Efecto producido por la interacción entre A×B, ( $\sum_i (\tau\beta)_{ij} = \sum_j (\tau\beta)_{ij} = 0$ )

$R_k$  = Efecto de la replicación

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto residual

**Tabla 2:** Tratamientos empleados en la elaboración del recubrimiento comestible

Tratamiento	Código	Combinación
T0	C	Control sin recubrimiento
T1	(1)	Almidón 1 %, inmersión 5 min
T2	a	Almidón 1 %, inmersión 10 min
T3	b	Almidón 2 %, inmersión 5 min
T4	ab	Almidón 2 %, inmersión 10 min

Se consideró como variables de respuesta la pérdida de peso, sólidos solubles, acidez titulable (% ácido cítrico) y pH de la fresa durante el almacenamiento refrigerado. Las evaluaciones de los tratamientos (con y sin recubrimiento) se realizaron por triplicado.

#### 2.4. Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y a un test de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0,05$ ), utilizando el software Excel y Statgraphics Centurion XVI.I



## CAPITULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Análisis y discusión de resultados

##### 3.1.1. Caracterización de la fresa

La caracterización de la fresa involucro los análisis fisicoquímicos como SST, acidez titulable, pH e índice de madurez, cuyos resultados se muestran en la Tabla 3. Los resultados de SST y acidez titulable de la fresa experimental se enmarcan en los valores de la norma (NTC 413, 1997) (Tabla 3) para fresa variedad Chandler (*Fragaria chiloensis*) y que corresponde a un rango de color de 4 a 5 (Figura 3) destinada para el consumo en fresco o como materia prima para el procesamiento. Los valores de los parámetros señalados en la Tabla 3 varían ligeramente en función de la variedad; así, **Oñate (2018)** reporta valores de SST de 7,55 °Brix, acidez de 0,94% de ácido cítrico, pH de 3,30 e índice de madurez de 8,08 para fresa (*Fragaria ananassa*). Mientras que **Maccapa (2015)** indica un contenido de SST entre 9,74 a 12,37 °Brix, acidez entre 0,95 a 1,33% de ácido cítrico y un pH entre 3,37 a 3,46 para cuatro variedades de fresa (*Benton, Firecracker, Hood y Totem*). Además, las propiedades fisicoquímicas de la fresa son variables dependiendo del cultivar, variedad, época del año, ubicación geográfica, entre otros factores.

Según, **López (2018)** los azúcares son unos de los principales componentes de la fresa como la sacarosa, glucosa y fructosa que representan más del 99% del total en frutos maduros. Los niveles de acidez son variables, pudiéndose encontrar valores entre 0,5 y 1,5% por lo que durante la maduración la acidez disminuye y los SST aumentan, dado que teóricamente para dicha fruta en estado de madurez óptimo los SST están alrededor de 7 a 11,9 °Brix.

**Tabla 3:** Caracterización fisicoquímica de la fresa fresca

Parámetros	Fresa <sup>1</sup>	Fresa (NTC 413)
SST (°Brix)	7,2 ± 0,07	6,9 – 8,1
Acidez titulable (% ácido cítrico)	0,829 ± 0,01	0,83 – 0,9
pH	3,66 ± 0,01	-
Índice madurez (°Brix/ácido titulable)	8,68 ± 0,078	7,4 – 8,2

<sup>1</sup>Los valores son la media de n= 3 mediciones ± desviación estándar.

### 3.1.2. Caracterización de la cidrayota

En la Tabla 4 se presentan los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos de cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis* como: peso, contenido de SST, acidez (% ácido cítrico), pH, índice de madurez, humedad y Aw. Valores que fueron diferentes a los reportados por **Cadena (2011)**, con una acidez entre 0,0495 y 0,0676% ácido cítrico para frutos verdes domésticos y 0,0399 % para silvestres, SST de 5,14 °Brix para frutos verdes, pH entre 6,3 y 6,5. Similarmente, **Moreira (2018)** reporto un peso de 293,63 g, SST de 3,23 °Brix, acidez de 0,03% ácido cítrico, pH de 6,14 e índice de madurez de 108,67 para cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis* en estado de madurez verde cosechada en el cantón Baños. Así mismo, **Rodríguez (2015)**, indica un peso de la fruta entre 246 y 423 g, Acidez entre 0,027 y 0,034%, pH entre 6,77 y 7,10, Humedad entre 94,3 y 94,9% para fruta verde de la variedad *virens levis*. Los parámetros fisicoquímicos de la cidrayota dependen de la estación del año, variedad, grado de madurez, cultivo, zona geográfica, entre otros factores.

Según, **Cadena (2011)** más del 90% de SST en frutos de *Sechium edule* está constituido por fructosa y glucosa en el mesocarpio y sacarosa en los cotiledones, que pueden dar al fruto un ligero sabor a dulce, por lo que está relacionado a una mayor cantidad de SST y menor acidez.

La Aw en la cidrayota fue de 0,962, que corresponde a un alimento con un porcentaje alto de agua libre, lo que le hace susceptible a la proliferación de bacterias que se desarrollan entre 0,90 a 1,00, (**Acurio, 2010**).

**Tabla 4:** Caracterización fisicoquímica de la cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis*.

Parámetros	Cidrayota <sup>1</sup>
Peso (g)	588 ± 79,8
SST (°Brix)	4,63 ± 0,1
Acidez titulable (% ácido cítrico)	0,036 ± 0,01
pH	6,73 ± 0,04
Índice madurez (°Brix/ácido titulable)	129,61 ± 4,33
Humedad (%)	94,24 ± 0,19
Aw	0,962 ± 0,00

<sup>1</sup>Los valores son la media de n= 4 mediciones ± desviación estándar.

### 3.1.3. Rendimiento del almidón de cidrayota

En la Tabla 5 se muestra el rendimiento del almidón extraído de 1,45% con respecto al peso de la pulpa mediante el método físico en base húmeda. Este valor está dentro de los rangos reportados por **Coronel (2017)**, quien indica un rendimiento entre 0,2 y 1,56% en fruta de cidrayota variedad *virens levis*. En comparación a otros almidones de tubérculos y raíces, el rendimiento de almidón de cidrayota es muy bajo. Así, el almidón de papa tiene un rendimiento del 16,5% (**Vargas et al, 2016**), mashua, oca y melloco presentan 4,61, 14,0 y 7,17% de rendimiento, respectivamente (**Barrera, 2013**). El rendimiento de extracción del almidón depende de la fuente de que se extraiga (cereales, tubérculos, semillas, leguminosas y frutas), variedad de cidrayota, materia seca, contenido de almidón, método de extracción, entre otros factores.

**Tabla 5:** Rendimiento del almidón (%) de cidrayota<sup>1</sup>

Peso Fruto (g)	Peso cáscara (g)	Peso semilla (g)	Peso desperdicios (g)	Peso pulpa (g)	Almidón seco (g)	Rendimiento (%)
55820 ± 77,04	9300 ± 21,21	1200 ± 17,73	4020 ± 22,52	41300 ± 22,52	594,36 ± 0,96	1,45 ± 0,01

<sup>1</sup>Los valores son la media de n= 8 mediciones ± desviación estándar

### 3.1.4. Análisis fisicoquímicos del almidón de cidrayota

Después de la extracción del almidón de la fruta de la cidrayota se procedió a los respectivos análisis, cuyos resultados se presentan en la Tabla 6. El contenido de materia seca fue de 91,55%, valor fue superior a lo que un almidón debe contener de 87 a 90% de

materia seca. Un valor menor de 87% indica una probabilidad de contaminación y desarrollo de microorganismos en el producto, mientras que cantidades superiores al 90% indican un buen tratamiento y secado del almidón (De León, 2015).

**Tabla 6:** Análisis fisicoquímicos del almidón de cidrayota

Parámetros (%)	Cidrayota <sup>1</sup>	Papa <sup>2</sup>	Maíz <sup>2</sup>
Materia seca	91,55 ± 0,08	89	90,1
Humedad	8,45 ± 0,09	11,02 - 19	9,9
Cenizas	0,51 ± 0,02	0,34	0,38
Lípidos	0,22 ± 0,01	0,24	0,68

<sup>1</sup>Los valores son la media de n = 3 mediciones ± desviación estándar. <sup>2</sup>Polanco (2014).

Si bien el contenido de humedad en el almidón (8,45%) fue superior al reportado por Villegas (2017), con un valor de 7,02%, y Hernández et al (2011), con un valor de 4,6%. Estos valores se encuentran dentro del rango máximo de humedad (20%), utilizado como referencia en la ficha técnica de un almidón comercial y valor para evitar la proliferación de hongos y levaduras en el almacenamiento (AOAC, 2019).

Los contenidos de cenizas y lípidos presentes en el almidón fueron mayores a los reportados por Villegas (2017), con valores de 0,46% y 0,19%, respectivamente. Mientras que, Balderas (2016) reporta valores de 0,35% de cenizas y 0,11% de lípidos. Al comparar los resultados de los parámetros fisicoquímicos del almidón de cidrayota difieren relativamente a los contenidos de los almidones de papa y maíz (Tabla 6) Polanco (2014). Las propiedades fisicoquímicas de los almidones dependen de la fuente biológica de donde provengan (cereales, tubérculos, semillas, leguminosas y frutas).

### 3.1.5. Propiedades funcionales del almidón de cidrayota

#### 3.1.5.1. Temperatura de gelatinización

La temperatura de gelatinización del almidón fue de 65,4 °C, valor menor al reportado por Balderas (2016) de 69,74 °C; y por Jiménez (2007) de 67,75 °C. La temperatura de

gelatinización depende del tamaño del granulo del almidón, ya que a mayor tamaño del granulo permite la penetración del agua en su interior y por consiguiente mayores temperaturas de gelatinización (**Miranda et al., 2013** y **Oñate 2018**).

La temperatura de gelatinización del almidón de cidrayota al comparar con el almidón de papa se encuentra dentro del rango que va entre 56 y 67 °C (**Lindeboom et al., 2004; Torres et al., 2013**); y es menor al almidón de maíz de 71,02 °C (**Muñoz, 2010; Balderas 2016**). Las temperaturas en almidones nativos reflejan una mayor estabilidad interna en el gránulo del almidón, asociada a una mayor presencia de zonas semicristalinas (**Torres et al., 2013**). Los almidones pueden ser utilizados en la industria alimentaria que requieran temperaturas elevadas (60 a 75 °C), como gelificantes, espesantes y ligantes (**Leiva et al., 2014**).

### **3.1.5.2. Capacidad de retención de agua (CRA), solubilidad (S) y poder de hinchamiento (PH).**

En la Tabla 7 se indican los resultados obtenidos de CRA, S y PH del almidón de cidrayota a diferentes temperaturas, evidenciándose que a medida que se eleva la temperatura, los valores de aquellos parámetros también se incrementa. Los resultados indicaron que entre 50 y 70 °C se da un incremento moderado en la CRA, S y PH, mientras que a 80 °C se da un incremento drástico en la CRA y PH y un aumento leve en la S. Estos incrementos se deben a que, en la gelatinización se rompen los puentes de hidrógeno y las moléculas de agua se unen a los grupos hidroxilo y el gránulo de almidón se expande, proporcionando una mayor absorción de agua (**Lalaleo, 2017**). Los almidones con alta CRA, PH y baja S son de buena calidad (**Acosta, 2018**). Así mismo, según **Yungán (2015)** un almidón de buena calidad debe tener una alta CRA (0,82 a 15,52 g agua/g muestra), PH (0,79 a 15,45 g agua/g muestra) con relación al contenido de amilopectina en el almidón y una baja S con valores entre 0,27 a 12,32%.

Según, **Santos (2017)** los almidones nativos de las diferentes especies (cereales, tubérculos, semillas, leguminosas y frutas) tienen como característica fundamental que

sus propiedades funcionales están influenciadas por su peso granular y molecular, otro factor que en los almidones provenientes de raíces y tubérculos poseen ciertas propiedades no encontradas en los almidones de los cereales.

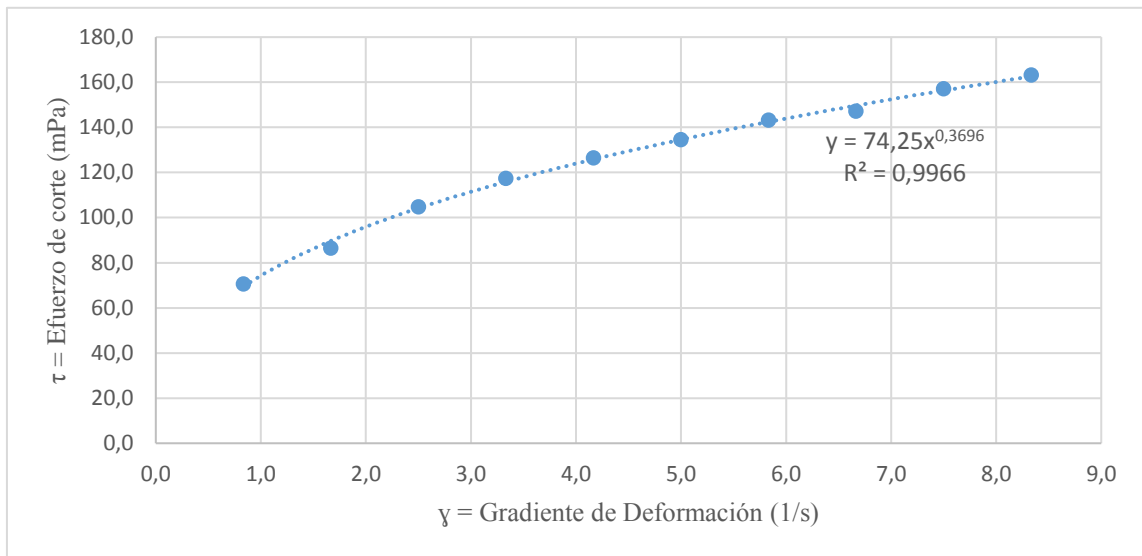
**Tabla 7:** Capacidad de retención de agua (g agua /g muestra), solubilidad (%) y poder de hinchamiento (g agua /g muestra) a diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	CRA <sup>1</sup> (g agua/g muestra)	S <sup>2</sup> (%)	PH <sup>3</sup> (g agua/g muestra)
50	3,76 ± 0,29	1,75 ± 0,04	3,83 ± 0,29
60	4,31 ± 0,01	2,97 ± 0,14	4,44 ± 0,02
70	5,02 ± 0,01	3,47 ± 0,16	5,20 ± 0,03
80	8,75 ± 0,12	3,96 ± 0,18	9,11 ± 0,11

<sup>1</sup>Los valores son la media de n= 3 mediciones ± desviación estándar. <sup>1</sup>CRA: capacidad de retención de agua; <sup>2</sup>S: solubilidad; <sup>3</sup>PH: poder de hinchamiento

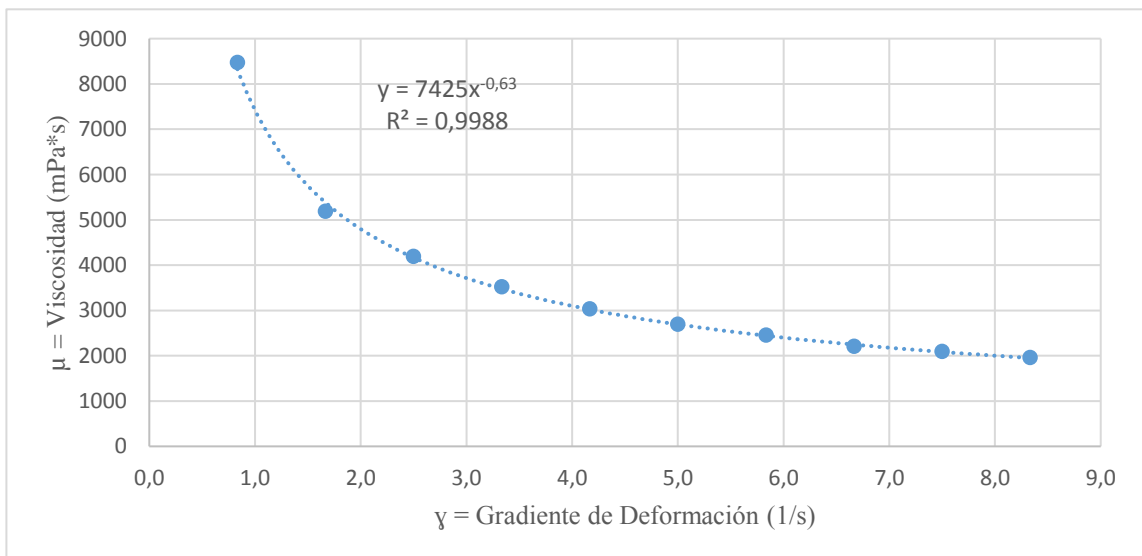
### 3.1.5.3. Viscosidad

En la Tabla E1 (Anexo E) se muestran los datos obtenidos de viscosidad y los valores de gradiente de deformación y esfuerzo de corte de la solución de almidón de cidrayota y mediante dichos valores se elaboró una gráfica, evidenciándose que la solución de almidón presenta un comportamiento no newtoniano (Gráfico 1). Para comprobar dicho comportamiento, se aplicó una ecuación de ajuste potencial, a partir de la ecuación de la gráfica se obtuvo el índice de consistencia (K) y el índice de comportamiento del fluido (n), cuyos valores fueron de 74,25 mPa.s y 0,3696, respectivamente. El comportamiento de la solución del almidón fue similar al de papa reportado por **Vargas (2016)**, el cual indica un comportamiento no newtoniano específicamente pseudoplástico ( $n < 1$ ). Así mismo, **Oñate (2018)** reporta un comportamiento pseudoplástico para una solución de almidón de papa china, con un índice de consistencia de 143,09 mPa.s y un índice de comportamiento de 0,3855.



**Gráfico 1:** Caracterización reológica de la solución acuosa de almidón de cidrayota al 5% (p/v) y temperatura a 25 °C

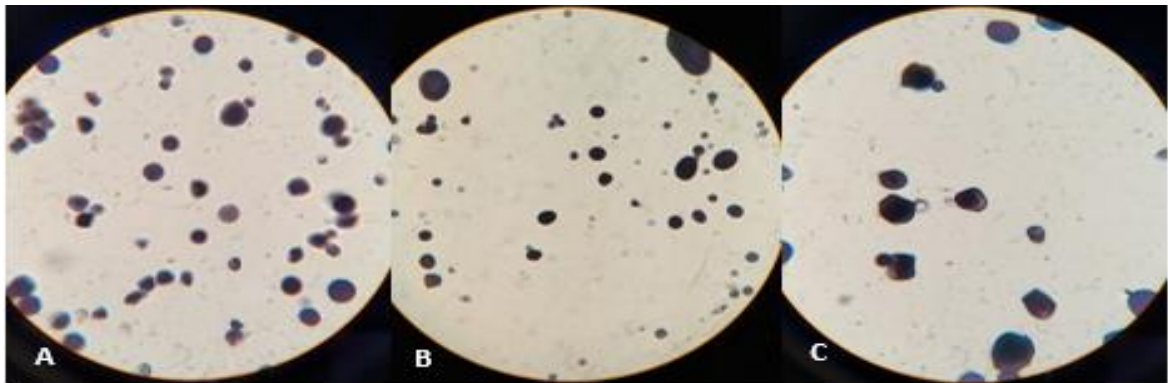
En el Gráfico 2 se muestra el comportamiento de la viscosidad de la solución acuosa del almidón de cidrayota a diferentes gradientes de deformación (1/s), donde se observa una disminución de la viscosidad a medida que aumenta la velocidad de giro del husillo (rpm). La viscosidad obtenida para el almidón de cidrayota fue de 3581 mPa.s, resultado diferente a la viscosidad del almidón de papas nativas que presenta un valor entre 5268 a 27911 mPa.s a 7 rpm y 25 °C (Martínez, 2015).



**Gráfico 2:** Viscosidad aparente (mPa.s) de la solución acuosa del almidón de a diferentes gradientes de deformación (1/s).

#### 3.1.5.4. Microscopía óptica del almidón de cidrayota

En el Gráfico 3 se muestra la forma de los gránulos de almidón mediante un microscopio óptico, donde se observó que los mismos (A) presentaron formas esféricas y ovoides, similares a los gránulos de almidón de papa (B), y diferentes a los del maíz (C) con formas irregulares y poliédricas. Estos resultados concuerdan con **Hernández et al (2011)** y **Balderas (2016)**, quienes reportaron que los gránulos de almidón de cidrayota presentan forma esférica, ovoide y poligonales. Según **Agama (2015)**, las fracciones de amilosa y amilopectina se orientan en forma radial para originar los gránulos de almidón definiendo así su tamaño y forma, y la estructura granular difiere dependiendo de la fuente botánica que provenga (cereales, tubérculos, raíces)



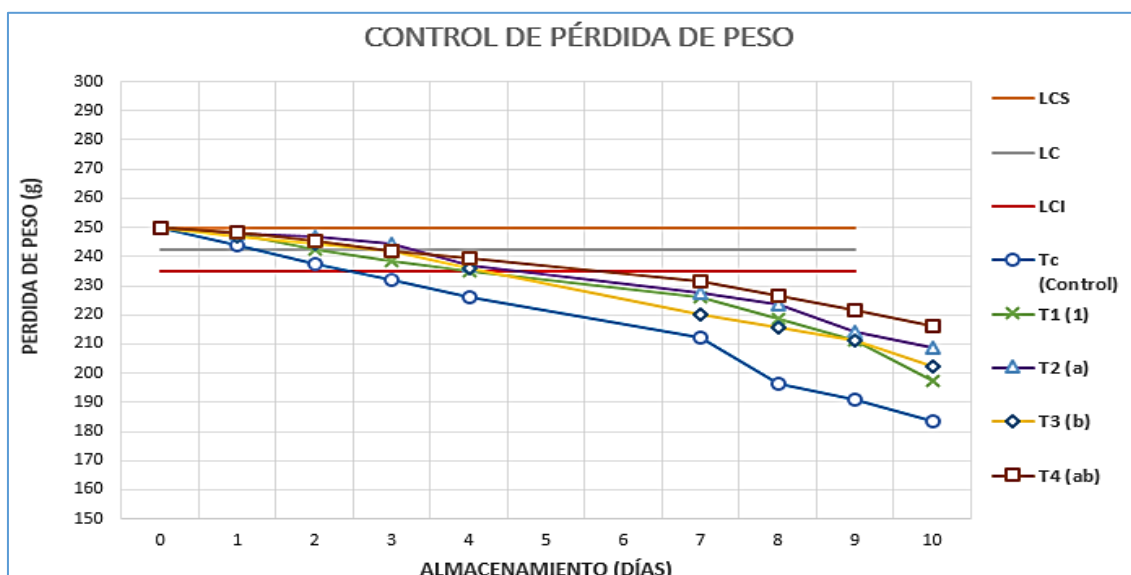
**Gráfico 3:** Observación microscópica a 100x de almidón de cidrayota (A), papa (B) y maíz (C) teñidas con Lugol.

#### 3.1.6. Evaluación de las características fisicoquímicas de la fresa con recubrimiento y almacenada en refrigeración.

##### 3.1.6.1. Pérdida de peso

En el Gráfico 4 se presentan los resultados del control de pérdida de peso de la fresa con y sin recubrimiento durante el periodo de almacenamiento refrigerado a 4 °C, evidenciándose que en el tratamiento T4 (2% de almidón y 10 min) se produce la menor pérdida de peso con respecto a los tratamientos T1, T2 y T3. También se observó que la mayor pérdida de peso de la fresa durante el tiempo de almacenamiento ocurrió en el Tc (control), lo cual significa que los tratamientos en cualquier condición de concentración de almidón y tiempo de inmersión fueron efectivos para prevenir la pérdida de peso.





**Gráfico 4:** Control de la pérdida de peso (g) de la fresa con y sin tratamiento durante el almacenamiento en refrigeración (4 °C). T1: (1) (1% almidón, 5 min inmersión); T2: A (1% almidón, 10 min inmersión); T3: B (2% almidón, 5 min inmersión); T4: AB (2% almidón, 10 min inmersión).

En la Tabla 8 se presenta los cálculos del porcentaje de pérdida de peso de la fresa con y sin recubrimiento de almidón durante los 10 días de almacenamiento en refrigeración (4 °C). Se puede observar que límite aceptable de pérdida de peso del 6% se alcanza a los 4 y entre 4 y 7 días para los tratamientos T1, y T2, T3 y T4, respectivamente. Mientras que en la fresa sin tratamiento Tc (control) la pérdida de peso aceptable se encuentra entre 2 y 3 días. Estos resultados corroboran que los tratamientos fueron efectivos a cualquier condición de concentración de almidón y tiempo de inmersión. Esto evidencia que el recubrimiento cumple una función protectora de barrera en la fresa y evita la pérdida de agua impidiendo una pérdida de la calidad y apariencia (marchitamiento) de la fruta, además evita que se pierda oxígeno y sustancias volátiles. Según **Valverde et al. (2017)**, la pérdida de peso se debe a los procesos relacionados a las reacciones fisiológicas de respiración y transpiración que ocurre en la vida postcosecha de la fruta. Se conoce que pérdidas del 3% en peso son suficientes para que el fruto pierda su brillo característico y presente una apariencia arrugada, siendo por ello el 6%, la máxima pérdida de peso aconsejable para este fruto durante su comercialización (**García et al., 2008; Maccapa 2015**).

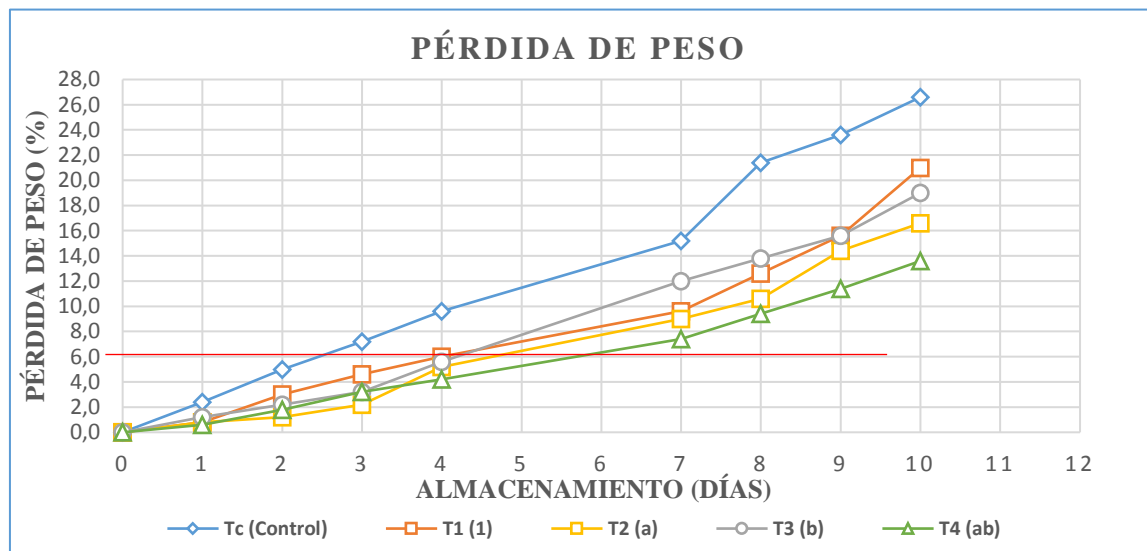
En el Gráfico 5 se observa que el límite de pérdida de peso aceptable del 6% se alcanza aproximadamente a los 5,7; 4,6; 4,2; 4,0 y 2,4 días para los tratamientos T4, T2, T3, T1 y

Tc (control), respectivamente, determinándose como el mejor tratamiento al T4 (2% de almidón y 10 min de inmersión) por alcanzar el límite de pérdida de peso aceptable (6%) en el mayor tiempo (5,7 días).

**Tabla 8:** Pérdida de peso (%) de la fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota almacenada en refrigeración (4 °C) durante 10 días.

DÍAS	C (Control)	T1: (1)	T2: A	T3: B	T4: AB
1	2,4 ± 0,57	0,8 ± 0,57	0,8 ± 0,57	1,2 ± 0,57	0,6 ± 0,28
2	5,0 ± 0,28	3,0 ± 0,28	1,2 ± 0,57	2,2 ± 0,28	1,8 ± 0,28
3	7,2 ± 0,57	4,6 ± 0,28	2,2 ± 0,28	3,2 ± 0,57	3,2 ± 0,57
4	9,6 ± 0,57	6,0 ± 1,13	5,2 ± 0,57	5,6 ± 0,57	4,2 ± 0,28
7	15,2 ± 1,13	9,6 ± 0,57	9,0 ± 0,28	12,0 ± 0,57	7,4 ± 0,28
8	21,4 ± 0,28	12,6 ± 0,28	10,6 ± 0,28	13,8 ± 0,28	9,4 ± 0,28
9	23,6 ± 0,57	15,6 ± 0,57	14,4 ± 0,57	15,6 ± 0,57	11,4 ± 0,28
10	26,6 ± 0,28 e	21,0 ± 0,28 d	16,6 ± 0,28 b	19,0 ± 0,28 c	13,6 ± 0,57 a

<sup>1</sup>Los valores son la media de 3 mediciones ± desviación estándar. (1) (1% almidón, 5 min inmersión); A (1% almidón, 10 min inmersión); B (2% almidón, 5 min inmersión); AB (2% almidón, 10 min inmersión). Las letras minúsculas horizontales indican la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos con un 95% de significancia.



**Gráfico 5:** Pérdida de peso (%) de la fresa con y sin tratamiento durante el almacenamiento en refrigeración (4 °C). T1: (1) (1% almidón, 5 min inmersión); T2: A (1% almidón, 10 min inmersión); T3: B (2% almidón, 5 min inmersión); T4: AB (2% almidón, 10 min inmersión).

En el Anexo C, Tabla C 1, se reporta el análisis de varianza en la pérdida de peso de la fresa durante el almacenamiento refrigerado, demostrando que existe una diferencia altamente significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre los tratamientos en el décimo día de almacenamiento y que los factores que inciden en la pérdida de peso son el porcentaje de

almidón y el tiempo de inmersión. La prueba de Tukey reportada en el Anexo C, Tabla C2 con un 95% de confianza permite clarificar la influencia de los tratamientos, cuyo análisis indica que en el tratamiento T4 (2% de almidón y 10 min de inmersión) se da la menor pérdida de peso (13,6%) con respecto a los demás tratamientos (Tabla 8) al término del décimo día de almacenamiento refrigerado a 4 °C.

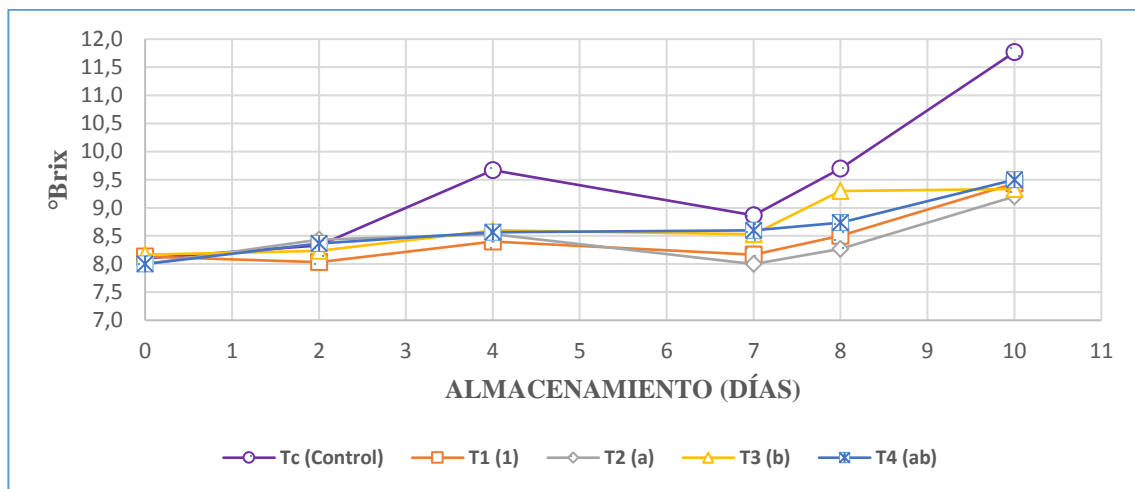
### 3.1.6.2. Sólidos solubles

En la Tabla 9 se muestra el contenido de SST de los tratamientos, determinándose un ligero incremento durante el almacenamiento refrigerado en la fresa desde 8,1; 8,0; 8,2 y 8,0 °Brix para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 al inicio del ensayo hasta un contenido de 9,4; 9,2; 9,3 y 9,5 °Brix respectivamente, en el décimo día; mientras que el control el incremento es mayor desde 8,1 a 11,8 °Brix. Esto significa que la variación de SST en los tratamientos es menor frente a la gran variabilidad de la del control. **Rathore et al. (2009)** y **Figuroa et al. (2017)** mencionan que el incremento de SST se debe a la conversión del almidón presente en el fruto a azúcares, como resultado de los cambios fisiológicos durante el almacenamiento. En el Gráfico 6 se puede apreciar de mejor manera los cambios de SST de la fresa con y sin recubrimiento durante el almacenamiento a 4 °C.

**Tabla 9:** Sólidos solubles totales (°Brix) de la fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota almacenada en refrigeración (4 °C) durante 10 días.

DÍAS	C (Control)	T1: (1)	T2: A	T3: B	T4: AB
0	8,1 ± 0,07	8,1 ± 0,04	8,0 ± 0,07	8,2 ± 0,11	8,0 ± 0,07
2	8,3 ± 0,04	8,0 ± 0,33	8,4 ± 0,11	8,2 ± 0,39	8,4 ± 0,15
4	9,7 ± 0,29	8,4 ± 0,14	8,5 ± 0,18	8,6 ± 0,31	8,6 ± 0,29
7	8,9 ± 0,25	8,2 ± 0,04	8,0 ± 0,31	8,5 ± 0,23	8,6 ± 0,07
8	9,7 ± 0,39	8,5 ± 0,14	8,3 ± 0,46	9,3 ± 0,74	8,7 ± 0,11
10	11,8 ± 0,59	9,4 ± 0,11 a	9,2 ± 0,07 a	9,3 ± 0,11 a	9,5 ± 0,07 a

<sup>1</sup>Los valores son la media de 3 mediciones ± desviación estándar. (1) (1% almidón, 5 min inmersión); A (1% almidón, 10 min inmersión); B (2% almidón, 5 min inmersión); AB (2% almidón, 10 min inmersión). Las letras minúsculas horizontales indican la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos con un 95% de significancia.



**Gráfico 6:** Variación de los sólidos solubles totales (°Brix) de la fresa con y sin tratamiento durante el almacenamiento en refrigeración (4 °C). T1: (1) (1% almidón, 5 min inmersión); T2: A (1% almidón, 10 min inmersión); T3: B (2% almidón, 5 min inmersión); T4: AB (2% almidón, 10 min inmersión).

En el Anexo C, Tabla C 3, se reporta el análisis de varianza de los resultados de SST, observándose que no presentaron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ) entre los tratamientos con recubrimiento en el día 10 de almacenamiento; es decir, los factores como son el porcentaje de almidón y el tiempo de inmersión no influyeron en el contenido de SST. En el Anexo C, Tabla C4 de la prueba de Tukey con un 95% de confianza, se observa que los SST de los tratamientos con recubrimiento al final del almacenamiento están dentro del mismo grupo, a diferencia del control que presenta un aumento brusco de SST en el décimo día (Tabla 9).

Los resultados de SST de los tratamientos con recubrimiento de almidón de cidrayota del presente estudio (Tabla 9) fueron menores a los reportados por **Oñate (2018)**, con valores de SST de 10,30 a 11,55 °Brix para fresa con recubrimiento de almidón de papa china al noveno día de almacenamiento (4 °C). En la respiración del fruto hay una degradación oxidativa de los materiales de reserva (compuestos carbonados: almidón) que da lugar a compuestos sencillos como los azúcares antes o durante la maduración (**Asenjo et al., 2015**). Lo que indica que el recubrimiento a base de almidón de cidrayota reduce la degradación oxidativa durante el almacenamiento de la fresa y se produzca una hidrólisis rápida del almidón en azúcares y se desarrolle un aumento en el contenido de SST.

### 3.1.6.3. pH

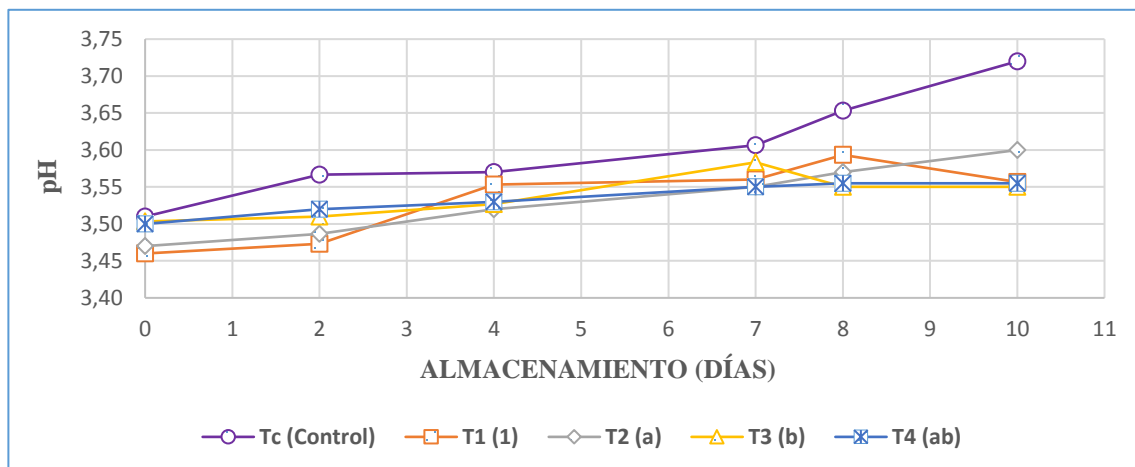
En la Tabla 10 se observa que el pH de la fresa se incrementa mínimamente durante el almacenamiento a 4 °C, con valores de 3,46; 3,47; 3,50 y 3,50 para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 al inicio del ensayo hasta 3,56; 3,60; 3,55 y 3,56 respectivamente, al final del almacenamiento, mientras que en el control ocurre un mayor incremento desde 3,51 a 3,72. Esto significa que la variación de pH en los tratamientos es mínima frente a variabilidad de la del control. Según **Almenar (2005)** y **Escalante (2015)**, el pH es uno de los parámetros que presenta menor variación durante el periodo de post cosecha de la fresa. Diversos estudios muestran pocos o ningún cambio con el tiempo, incluso con la modificación de factores externos como temperatura o aumento de CO<sub>2</sub>. En el Gráfico 7 se puede apreciar de mejor manera los cambios de pH de la fresa con y sin recubrimiento durante el almacenamiento a 4 °C.

**Tabla 10:** Potencial de Hidrógeno (pH) de la fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota almacenada en refrigeración (4 °C) durante 10 días.

DÍAS	C (Control)	T1: (1)	T2: A	T3: B	T4: AB
0	3,51 ± 0,02	3,46 ± 0,01	3,47 ± 0,02	3,50 ± 0,04	3,50 ± 0,01
2	3,57 ± 0,09	3,47 ± 0,03	3,49 ± 0,02	3,51 ± 0,03	3,52 ± 0,05
4	3,57 ± 0,01	3,55 ± 0,01	3,52 ± 0,01	3,53 ± 0,01	3,53 ± 0,10
7	3,61 ± 0,01	3,56 ± 0,05	3,55 ± 0,03	3,58 ± 0,02	3,55 ± 0,02
8	3,65 ± 0,05	3,59 ± 0,01	3,57 ± 0,00	3,55 ± 0,01	3,56 ± 0,01
10	3,72 ± 0,05	3,56 ± 0,02 a	3,60 ± 0,01 a	3,55 ± 0,02 a	3,56 ± 0,00 a

Los valores son la media de 3 mediciones ± desviación estándar. (1) (1% almidón, 5 min inmersión); A (1% almidón, 10 min inmersión); B (2% almidón, 5 min inmersión); AB (2% almidón, 10 min inmersión). Las letras minúsculas horizontales indican la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos con un 95% de significancia.

En el Anexo C: Tabla C 5, se presenta el análisis de varianza de los resultados de pH, de la fresa, observándose que no existe diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ), entre los tratamientos con recubrimiento en el día 10 de almacenamiento, es decir que el porcentaje de almidón y el tiempo de inmersión no influyeron en dicha variable. La prueba de Tukey reportada en el Anexo C, Tabla C6 con un 95% de confianza, indica que el pH de los tratamientos con recubrimiento al final del almacenamiento está dentro del mismo grupo.



**Gráfico 7:** Variación del pH de la fresa con y sin tratamiento durante el almacenamiento en refrigeración (4 °C). T1: (1) (1% almidón, 5 min inmersión); T2: A (1% almidón, 10 min inmersión); T3: B (2% almidón, 5 min inmersión); T4: AB (2% almidón, 10 min inmersión).

Vale señalar, que los resultados de pH del presente estudio son superiores a los reportados por **Oñate (2018)**, con valores de pH entre 3,15 y 3,22 al noveno día de almacenamiento a 4 °C para fresa con recubrimiento de almidón de papa china. Así mismo, **García y Pinzón (2017)** reportan un pH de 3,2 a 3,3 para fresa con recubrimiento de almidón de plátano durante un tiempo de almacenamiento de 9 a 13 días a 8 °C. Sin embargo, los valores de pH son menores a los reportados por **Pavón et al. (2016)** con valores de 3,7 a 4,0 para fresa con recubrimiento de mucilago de sábila almacenada a 5 °C al término de 7 días.

#### 3.1.6.4. Acidez titulable (AT)

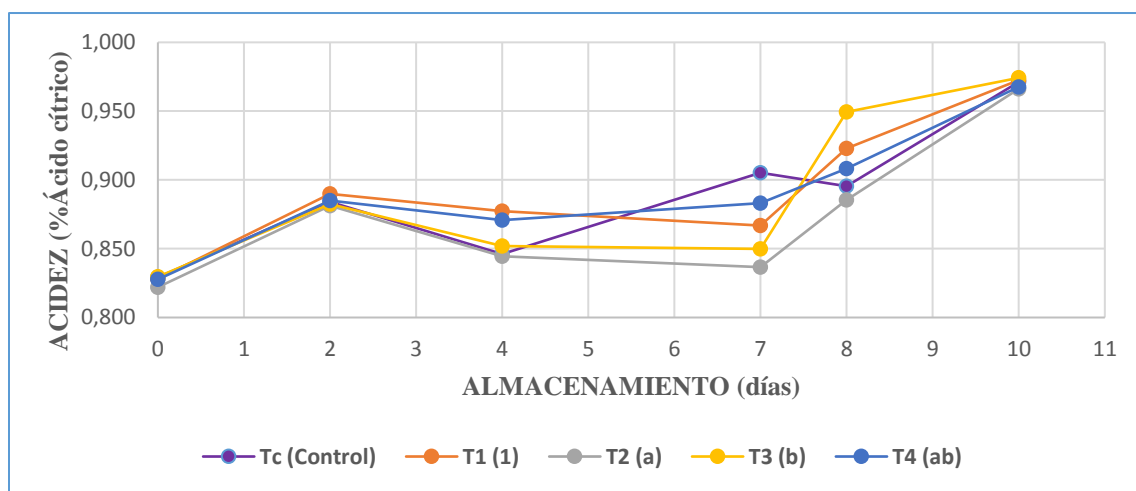
**Escalante (2015)** y **Oñate (2018)** mencionan que la AT es necesaria para conocer la evolución del grado de madurez en la fresa. La AT es una medida de cambios de concentración de ácidos orgánicos en la fresa, entre los cuales el ácido cítrico es el más abundante, seguido de málico, succínico y ascórbico, razón por la que los resultados de acidez titulable se expresan en cantidad de ácido cítrico. En la Tabla 11 se muestran los resultados de la acidez titulable (% ácido cítrico) de los diferentes tratamientos en la fresa, con un incremento durante el periodo de almacenamiento desde 0,828; 0,822; 0,830 y 0,828% ácido cítrico para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 al inicio del ensayo hasta un contenido de 0,973; 0,966; 0,974 y 0,968% ácido cítrico, respectivamente en el décimo

día de almacenamiento. En el Gráfico 8 se puede apreciar de mejor manera las variaciones de AT de los diferentes tratamientos en fresa durante el almacenamiento a 4 °C.

**Tabla 11:** Acidez titulable (% ácido cítrico) de la fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota almacenada en refrigeración (4 °C) durante 10 días.

Días	C (Control)	T1: (1)	T2: A	T3: B	T4: AB
0	0,829 ± 0,010	0,828 ± 0,013	0,822 ± 0,010	0,830 ± 0,014	0,828 ± 0,009
2	0,884 ± 0,023	0,890 ± 0,017	0,881 ± 0,031	0,882 ± 0,026	0,885 ± 0,028
4	0,846 ± 0,011	0,877 ± 0,020	0,845 ± 0,020	0,852 ± 0,022	0,871 ± 0,019
6	0,905 ± 0,069	0,867 ± 0,001	0,836 ± 0,082	0,850 ± 0,055	0,883 ± 0,039
8	0,895 ± 0,090	0,923 ± 0,024	0,885 ± 0,170	0,949 ± 0,061	0,908 ± 0,060
10	0,971 ± 0,002	0,973 ± 0,006 a	0,966 ± 0,003 a	0,974 ± 0,004 a	0,968 ± 0,005 a

<sup>1</sup>Los valores son la media de 3 mediciones ± desviación estándar. (1) (1% almidón, 5 min inmersión); A (1% almidón, 10 min inmersión); B (2% almidón, 5 min inmersión); AB (2% almidón, 10 min inmersión). Las letras minúsculas horizontales indican la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos con un 95% de significancia.



**Gráfico 8:** Variación de Acidez titulable (% ácido cítrico) de la fresa con y sin tratamiento durante el almacenamiento en refrigeración (4 °C). T1: (1) (1% almidón, 5 min inmersión); T2: A (1% almidón, 10 min inmersión); T3: B (2% almidón, 5 min inmersión); T4: AB (2% almidón, 10 min inmersión).

En el Anexo C, Tabla C7, se reporta el análisis de varianza de los resultados de la AT de los tratamientos con recubrimiento, observándose que no presentaron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ) entre los tratamientos en el día 10 de almacenamiento; es decir, los factores como el porcentaje de almidón y el tiempo de inmersión no influyeron en el contenido de AT. La prueba de Tukey reportada en el Anexo C, Tabla C8 con un 95 % de

confianza, indica que la AT de los tratamientos con recubrimiento al final del almacenamiento está dentro del mismo grupo.

Los resultados reportados de AT del estudio se encuadran con lo establecido por **Holcroft et al. (2006)** y **Maccapa (2015)**, que, para la venta y comercialización de fresa en condiciones óptimas, se recomienda un valor entre 0,80 a 1,20% ácido cítrico. Así mismo, **Oñate (2018)** reporta valores de AT para fresa con recubrimiento de almidón de papa china entre 0,94 y 1,05% al noveno día de almacenamiento (4 °C).

### **3.1.6.5. Análisis sensorial**

Los resultados de los atributos sensoriales aroma, color, sabor y textura de la fresa tratada con recubrimiento comestible a base de almidón de cidrayota y sin tratamiento (control) en el sexto día de almacenamiento refrigerado a 4 °C se muestran en las tablas 12, 13, 14 y 15, respectivamente.

#### **Aroma**

Para la evaluación del atributo aroma los catadores calificaron en base a la siguiente escala: 1 (nada perceptible), 2 (perceptible), 3 (medianamente perceptible), 4 (intenso) y 5 (muy intenso). En la Tabla 12 se observan los valores promedios de 3,5; 3,6; 3,9 y 4,0 para los tratamientos T4, T3, T2 y T1, respectivamente que corresponden a un rango entre medianamente perceptible e intenso; y un promedio de 4,2 (intenso) para fresa sin tratamiento (control). Se observa que los valores de aroma de los tratamientos son menores al de la fresa sin tratamiento, evidenciándose que el recubrimiento con almidón forma una barrera que impide la liberación de gases o de aromas al ambiente. Según **Belitz et al. (2011)** se conocen unos 300 compuestos volátiles, destacándose por su mayor concentración el 4-Hidroxi-2,5dimetil-3(2H)-furanona (HD3F) con 16,2 mg/kg, cuya concentración varía mucho dependiendo de la variedad, estado de maduración y el procesado.



**Tabla 12:** Resultados del atributo aroma de la fresa almacenada en refrigeración (4 °C) de los diferentes tratamientos al sexto día con un panel de 10 catadores.

		TRATAMIENTOS									
		Tc (Control) 313		T1 (1) 421		T2 (a) 123		T3 (b) 113		T4 (ab) 324	
Atributo	Catadores	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
AROMA	1	4	5	4	4	4	5	3	3	3	3
	2	4	4	3	4	3	3	4	3	3	4
	3	5	5	3	4	4	4	4	4	4	4
	4	3	3	4	3	5	4	4	4	4	3
	5	4	5	4	5	4	5	3	4	3	4
	6	4	4	5	5	4	4	4	3	4	3
	7	5	5	4	4	3	3	3	4	4	4
	8	4	3	5	4	4	4	3	3	3	3
	9	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4
	10	5	4	4	4	4	3	4	4	4	3
	<b>promedio</b>	<b>4,2 b</b>		<b>4,0 a</b>		<b>3,9 a</b>		<b>3,6 a</b>		<b>3,5 a</b>	

T1: (1) (1% almidón, 5 min inmersión); T2: A (1% almidón, 10 min inmersión); T3: B (2% almidón, 5 min inmersión); T4: AB (2% almidón, 10 min inmersión). Las letras minúsculas horizontales indican la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos con un 95% de significancia.

En el Anexo C, Tabla C9, se reporta el análisis de varianza de los resultados del atributo aroma, donde se observa que existe diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre los tratamientos y los catadores en el día 6 de almacenamiento; es decir, el porcentaje de almidón y el tiempo de inmersión influyeron en el aroma de la fresa. Así mismo en el anexo C, Tabla C10, se presenta el análisis de Tukey con un 95% de confianza, el cual indica que los tratamientos con recubrimiento son similares estadísticamente con valores entre 3,5 y 4,0

## Color

Para la evaluación del atributo color los catadores calificaron en base a la siguiente escala: 1 (rojo negruzco), 2 (rojo débil), 3 (rojo característico), 4 (rojo intenso) y 5 (rojo brillante). En la Tabla 13 se observan los valores promedios de 4,2; 3,7; 3,8 y 4,0 para los tratamientos T4, T1, T3 y T2, respectivamente que corresponden a un rango entre rojo característico y rojo intenso; y un promedio de 3,7 (rojo característico) para fresa sin tratamiento (control), lo que significa que existe una mejor valoración para la fresa con recubrimiento. Es posible que la aplicación del recubrimiento impida que haya una disminución del color durante el almacenamiento, ya que el aceite esencial de limón (lípidos) y la glicerina le otorgan brillo a la fresa, así mismo el recubrimiento disminuye la

pérdida de humedad y reduce la oxidación de la fruta. Restrepo et al. (2010) menciona que la disminución del color obedece a la pérdida de humedad durante el almacenamiento debido a la transpiración y a la reacción enzimática que causa pérdida de la calidad por pardeamiento oxidativo.

**Tabla 13:** Resultados del atributo color de la fresa almacenada en refrigeración (4 °C) de los diferentes tratamientos en el sexto día con un panel de 10 catadores.

		TRATAMIENTOS									
		Tc (Control) 313		T1 (1) 421		T2 (a) 123		T3 (b) 113		T4 (ab) 324	
Atributo	Catadores	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
COLOR	1	4	3	4	3	4	3	4	3	4	5
	2	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4
	3	4	3	5	4	4	4	3	3	5	4
	4	4	3	4	3	5	4	4	4	4	5
	5	4	4	4	4	5	4	5	4	3	4
	6	5	4	5	4	4	4	3	3	4	5
	7	4	3	4	3	4	3	4	4	4	3
	8	4	4	4	3	5	4	4	4	5	4
	9	3	3	4	4	4	3	4	4	5	4
	10	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4
	<b>promedio</b>	<b>3,7a</b>		<b>3,7 a</b>		<b>4,0 ab</b>		<b>3,8 ab</b>		<b>4,2 b</b>	

T1: (1) (1% almidón, 5 min inmersión); T2: A (1% almidón, 10 min inmersión); T3: B (2% almidón, 5 min inmersión); T4: AB (2% almidón, 10 min inmersión). Las letras minúsculas horizontales indican la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos con un 95% de significancia.

En el Anexo C, Tabla C11, se reporta el análisis de varianza de los resultados del atributo color, donde se observa que en los tratamientos existe diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ), mientras que en los catadores no existe diferencia significativa ( $p \geq 0,05$ ) en el día 6 de almacenamiento a 4 °C; es decir, el porcentaje de almidón y el tiempo de inmersión influyeron en el color de la fresa. Así mismo en el anexo C, Tabla C12, se presenta el análisis de Tukey con un 95% de confianza, donde se observa que el mayor valor entre los tratamientos con recubrimiento corresponde al T4 (ácido cítrico a una concentración de 0,5% (p/v), glicerina al 1% (v/v), aceite esencial de limón al 1,5% (v/v), Tween 80 al 0,5% (v/v), almidón 2% p/v y 10 min de inmersión) con una media de 4,2.

### Sabor

Para la evaluación del atributo sabor los catadores calificaron en base a la siguiente escala: 1 (desagrada mucho), 2 (desagrada), 3 (desagrada poco), 4 (agrada poco) y 5 (agrada mucho). En la Tabla 14 se observan los valores promedios de 4,1; 3,9; 3,8; y 3,3 para los

tratamientos T4, T2, T3 y T1, respectivamente correspondiente a un rango entre desagrada poco y agrada poco; y un promedio de 3,5 (desagrada poco) para fresa sin tratamiento (control). Se observa que fresa de los tratamientos T1, T3 y Tc (control) son similares estadísticamente ( $p \geq 0,05$ ) y que corresponde a una fruta que desagrada poco. Mientras que en los tratamientos T2 y T4 son similares estadísticamente y que corresponden a la valoración de agrada poco. El sabor de la fresa se debe a una compleja combinación de dulzor (azúcares) y acidez (ácidos orgánicos), pero se cree que los principales componentes se originan a partir de una mezcla compleja de ésteres, alcoholes y aldehídos cuya concentración varía dependiendo de la variedad. Según **Restrepo et al. (2010)**, la causa de la disminución del sabor se da por el deterioro que sufre el fruto y por la actividad enzimática durante el periodo de almacenamiento, haciendo manifiesto el efecto positivo de los RC.

**Tabla 14:** Resultados del atributo sabor de la fresa almacenada en refrigeración (4 °C) de los diferentes tratamientos en el sexto día con un panel de 10 catadores.

		TRATAMIENTOS									
		Tc (Control) 313		T1 (1) 421		T2 (a) 123		T3 (b) 113		T4 (ab) 324	
Atributo	Catadores	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
<b>SABOR</b>	<b>1</b>	4	3	3	3	3	4	5	4	5	4
	<b>2</b>	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4
	<b>3</b>	4	3	3	3	5	4	4	4	5	4
	<b>4</b>	3	3	4	3	4	4	3	3	5	5
	<b>5</b>	4	4	4	3	4	3	4	4	5	4
	<b>6</b>	3	3	4	4	4	3	5	4	4	3
	<b>7</b>	3	3	3	3	5	4	4	3	3	3
	<b>8</b>	3	4	3	3	5	4	4	3	4	3
	<b>9</b>	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4
	<b>10</b>	3	4	3	3	4	3	4	3	5	4
	<b>promedio</b>	<b>3,5 ab</b>		<b>3,3 a</b>		<b>3,9 bc</b>		<b>3,8 abc</b>		<b>4,1 c</b>	

T1: (1) (1% almidón, 5 min inmersión); T2: A (1% almidón, 10 min inmersión); T3: B (2% almidón, 5 min inmersión); T4: AB (2% almidón, 10 min inmersión). Las letras minúsculas horizontales indican la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos con un 95% de significancia.

En el Anexo C, Tabla C13, se reporta el análisis de varianza de los resultados del atributo sabor donde se observa que entre los tratamientos existe diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ), mientras que en los catadores no existe diferencia significativa ( $p \geq 0,05$ ) en el día 6 de almacenamiento a 4 °C; es decir, el porcentaje de almidón y el tiempo de inmersión influyeron en el sabor de la fresa. Así mismo en el anexo C, Tabla C14, se presenta el

análisis de Tukey con un 95% de confianza, donde se observa que el mayor valor entre los tratamientos con recubrimiento corresponde al T4 (ácido cítrico a una concentración de 0,5% (p/v), glicerina al 1% (v/v), aceite esencial de limón al 1,5% (v/v), Tween 80 al 0,5% (v/v), almidón 2% p/v y 10 min de inmersión) con una media de 4,05 que corresponde a agrada poco.

### Textura

Para la evaluación del atributo textura los catadores calificaron en base a la siguiente escala: 1 (muy suave), 2 (suave), 3 (ni suave ni dura), 4 (dura) y 5 (muy dura). En la Tabla 15 se muestran los valores promedios de 3,5; 3,1; 3,0; y 2,70 para los tratamientos T4, T3, T2 y T1, respectivamente correspondiente a un rango entre suave y dura; y un promedio de 2,5 (suave) para fresa sin tratamiento (control). Se observa que la fresa sin tratamiento difiere de los tratamientos, lo que significa que existe una mejor valoración en la fresa con recubrimiento. Es posible que el recubrimiento al estar compuesto con almidón le dé una mejor textura y dureza a la fruta y también que haya una disminución de pérdida de agua. **Kader (2009)** y **Medina (2016)** señalan que la disminución de la textura en la fresa se debe a la alteración de las células que se da por los cambios bioquímicos y fisiológicos propios de la fruta y así mismo por la descomposición enzimática de la pared celular hasta ablandarla.

**Tabla 15:** Resultados del atributo textura de la fresa almacenada en refrigeración (4 °C) de los diferentes tratamientos en el sexto día con un panel de 10 catadores.

		TRATAMIENTOS									
		Tc (Control) 313		T1 (1) 421		T2 (a) 123		T3 (b) 113		T4 (ab) 324	
Atributo	Catadores	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
TEXTURA	1	2	2	2	3	3	5	3	2	4	4
	2	3	2	3	3	2	3	4	4	4	4
	3	3	3	2	2	3	4	4	4	3	4
	4	3	3	3	3	4	4	3	3	4	4
	5	3	2	3	2	2	2	3	4	4	4
	6	3	2	2	2	3	3	2	2	3	3
	7	2	2	3	3	2	4	3	3	3	3
	8	2	2	3	3	3	3	3	3	2	4
	9	3	3	4	3	2	2	2	2	3	4
	10	2	3	3	2	3	3	4	4	3	3
	promedio	2,5 a		2,7 ab		3,0 b		3,1 bc		3,5 c	

T1: (1) (1% almidón, 5 min inmersión); T2: A (1% almidón, 10 min inmersión); T3: B (2% almidón, 5 min inmersión); T4: AB (2% almidón, 10 min inmersión). Las letras minúsculas horizontales indican la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos con un 95% de significancia.

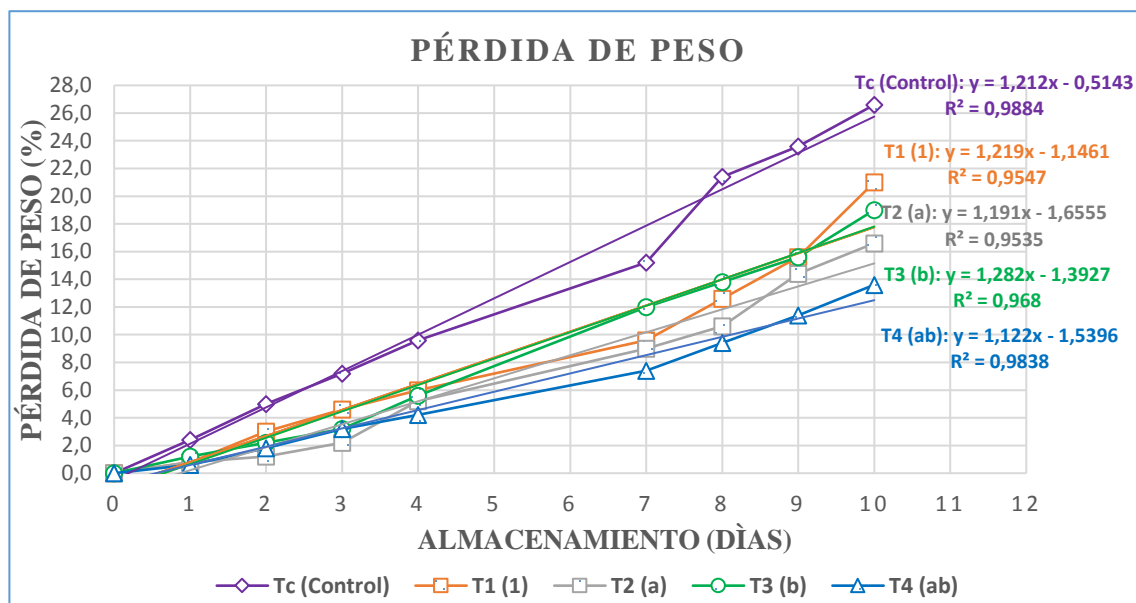
En el Anexo C, Tabla C15, se reporta el análisis de varianza de los resultados del atributo textura, donde se observa que existe diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ), entre los tratamientos y los catadores en el día 6 de almacenamiento a 4 °C; es decir, el porcentaje de almidón y el tiempo de inmersión influyeron en la textura de la fresa. Así mismo en el anexo C, Tabla C16, se presenta el análisis de Tukey con un 95% de confianza, donde se observa que el mayor valor entre los tratamientos con recubrimiento corresponde al T4 (ácido cítrico a una concentración de 0,5% (p/v), glicerina al 1% (v/v), aceite esencial de limón al 1,5% (v/v), Tween 80 al 0,5% (v/v), almidón 2% p/v y 10 min de inmersión) con una media de 3,5 (de ni suave ni dura a dura).

Según **Ortiz (2017)**, los recubrimientos deben cumplir algunos requisitos como detener la transferencia de compuestos volátiles, mejorar la apariencia visual, conservar la estructura inicial, no interferir en las características iniciales del producto, entre otros. Por lo que el recubrimiento a base de almidón de cidrayota evita que se dé una disminución de los atributos aroma, sabor, color y textura de la fresa en el sexto día de almacenamiento a 4 °C, en comparación a la fresa sin recubrimiento. Dado que el tratamiento T4 presenta los mayores valores en color (4,2: rojo intenso), sabor (4,1: agrada poco) y textura (3,5: entre ni suave ni dura y dura), se selecciona como el mejor tratamiento para preservar la calidad y extender la vida útil de la fresa. En consecuencia, en base a los resultados de la menor pérdida de peso y del análisis sensorial (aroma, color, sabor y textura) de la fresa almacenada a 4 °C durante 10 días se concluye que el mejor tratamiento es el T4.

#### **3.1.6.6. Determinación del tiempo de vida útil del mejor tratamiento**

Para la determinación del tiempo de vida útil de los tratamientos en función de la pérdida de peso (6% se considera aceptable) se consideró la ecuación 12. Previamente, con los resultados de la pérdida de peso de la fresa con y sin recubrimiento durante 10 días de almacenamiento (Tabla 8), se graficó la pérdida de peso versus el tiempo de almacenamiento, obteniéndose las ecuaciones señaladas en el Gráfico 9. De estas ecuaciones se obtuvieron el % PPO y k para cada uno de los tratamientos; y se procedió a

calcular el tiempo de vida útil (t) de la ecuación 12, cuyos resultados se presentan en la Tabla 16.



**Gráfico 9:** Ecuaciones de la pérdida de peso de los diferentes tratamientos de fresa durante el almacenamiento en refrigeración (4 °C). T1: (1) (1% almidón, 5 min inmersión); T2: A (1% almidón, 10 min inmersión); T3: B (2% almidón, 5 min inmersión); T4: AB (2% almidón, 10 min inmersión).

El tratamiento que presentó el mayor tiempo de vida útil fue el T4 (2% almidón, 10 min de inmersión) con un valor de 6,7 días, superior al T3, T2, T1 y Tc con 0,9; 0,3; 0,8 y 1,3 días, respectivamente. El valor de 6,7 días del T4 fue similar al reportado por **Oñate (2018)** de 6,6 días para fresa recubierta con almidón de papa china al 1 % de concentración y 10 min de inmersión, y almacenada a 4 °C.

**Tabla 16:** Tiempo de vida útil de los diferentes tratamientos en la fresa almacenada en refrigeración (4 °C) durante 10 días.

	Tratamientos				
	Tc (Control)	T1 (1)	T2 (a)	T3 (b)	T4 (ab)
% P <sub>Po</sub>	-0,5143	-1,1461	-1,6555	-1,3927	-1,5396
k	1,212	1,219	1,191	1,282	1,122
% P <sub>p</sub>	6	6	6	6	6
<b>t (días)</b>	<b>5,4</b>	<b>5,9</b>	<b>6,4</b>	<b>5,8</b>	<b>6,7</b>

T1 (1) (1% almidón, 5 min inmersión); T2: A (1% almidón, 10 min inmersión); T3: B (2% almidón, 5 min inmersión); T4: AB (2% almidón, 10 min inmersión).

### **3.2. Verificación de hipótesis**

Mediante el análisis estadístico con un nivel de significancia del 95 % se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se aceptó la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), afirmando que el porcentaje de almidón de cidrayota y el tiempo de inmersión influyen significativamente en la pérdida de peso y en los atributos sensoriales de la fresa con recubrimiento almacenada a 4 °C.

Por otro lado, con un nivel de significancia del 95 % se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) que señala que la concentración de almidón de cidrayota y el tiempo de inmersión en el recubrimiento de la fresa no afectan significativamente en cuanto a los parámetros fisicoquímicos de la fresa como SST, pH y acidez titulable durante el almacenamiento a 4 °C.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

A partir de cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis* con las siguientes características: SST 4,63 °Brix, acidez titulable 0,04% ácido cítrico, pH 6,7, índice de madurez 129,61 y humedad 94,24%, se extrajo el almidón mediante el método físico de licuado, obteniéndose un rendimiento de 1,45%.

Se determinó las características fisicoquímicas y funcionales del almidón de cidrayota: materia seca 91,55%, humedad 8,45%, contenido de cenizas 0,51%, lípidos 0,2%, temperatura de gelatinización 65,4 °C, capacidad de retención de agua 7,75 g agua/ g muestra, solubilidad 3,96%, poder de hinchamiento 9,11 g agua/ g muestra y viscosidad de 3581 mPa.s, características que determinan a un almidón adecuado para la elaboración de recubrimientos comestibles.

Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas de la fresa (*Fragaria ananassa*) tratada con un recubrimiento comestible (combinaciones al 1 y 2% de almidón por 5 y 10 min de inmersión, 0,5% ácido cítrico (p/v), glicerina 1% (v/v), aceite esencial de limón 1,5% (v/v) y Tween 80 al 0,5% (v/v)) almacenada a 4 °C durante 10 días, observándose un incremento en SST de 8,0 a 9,5; similar pH de 3,5 a 3,6 e incremento de la acidez titulable de 0,82 a 0,97% ácido cítrico. Mientras que la fresa sin recubrimiento presentó un mayor contenido de SST (11,8 °Brix), similar pH (3,7) y un ligero incremento en la acidez (0,97% ácido cítrico) al final del almacenamiento. Con respecto a la pérdida de peso, todos los tratamientos con recubrimiento presentaron menor pérdida de peso que la fresa sin recubrimiento al final del almacenamiento. Se determinó que el límite aceptable de pérdida de peso del 6% de los tratamientos T1, T2, T3 y T4 se alcanzan a los 4,0; 4,6; 4,2 y 5,7 días de almacenamiento refrigerado, respectivamente. El análisis estadístico



determino una diferencia altamente significativa ( $p \leq 0,05$ ) de pérdida de peso entre los tratamientos.

El mejor tratamiento en base a los resultados de la menor pérdida de peso de la fresa almacenada a 4 °C durante 10 días, fue el T4 (2% de almidón de cidrayota (p/v), 10 min de inmersión, 0,5% ácido cítrico (p/v), glicerina 1% (v/v), aceite esencial de limón al 1,5% (v/v) y Tween 80 al 0,5% (v/v)) con el mayor tiempo de vida útil (6,7 días), superior al T3, T2, T1 y Tc (control) con 0,9; 0,3; 0,8 y 1,3 días, respectivamente. Los resultados señalados sugieren que el uso del recubrimiento en base de almidón de cidrayota y en refrigeración (4 °C) prolonga la vida útil de la fresa.

#### **4.2. Recomendaciones**

Determinar el rendimiento de almidón de cidrayota mediante la extracción por métodos enzimáticos (Rohament CL), químicos (NaOH) ó vía seca.

Estudiar la aplicabilidad del recubrimiento comestible a base de almidón de cidrayota en otras frutas (mora, guayaba, uva) o productos frescos de rápido deterioro y alta demanda.

Evaluar el tiempo de vida útil de la fresa del mejor tratamiento en función al crecimiento microbiano durante su almacenamiento a 4 °C.

Estudiar la viabilidad económica de la aplicación del recubrimiento comestible a base de almidón de cidrayota en fresa almacenada en refrigeración.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J., Gomajoa, Hl., Benavides, Y., Charfuelan, A., Valenzuela, F. (2018). Evaluación del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) en la obtención de bioplástico. Bionatura Conference Series Vol 1. No 1. Publicación del IV CONGRESO INTERNACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIODIVERSIDAD IV CIBB y XV FORO INTERNACIONAL BANANERO.
- Asenjo, J., Morales, L., Sainz, R., & Tapia, L. Producción de alcoholes volátiles durante maduración de los frutos [en línea]. Sf Disponible: [http://pendientedemigracion.ucm.es/info/cvicente/seminarios/maduracion\\_frutos.pdf](http://pendientedemigracion.ucm.es/info/cvicente/seminarios/maduracion_frutos.pdf). [citado 25 agosto 2015].
- Acevedo, D., Guzman, L. E., Conde, C. G., Díaz, M., & Herrera, A. (2014). Propiedades funcionales del almidón de sagu (*Maranta arundinacea*). Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 12(2), 90-96.
- Acurio Arcos, L. P. (2010). Determinación de los principales indicadores en el tiempo de vida de anaquel de panela granulada de las unidades productivas ingapi y el paraíso con fines de exportación al mercado norteamericano (Bachelor's thesis), Universidad Técnica de Ambato Ambato (Ecuador).
- Agama-Acevedo, E., Bello-Pérez, L. A., Pacheco-Vargas, G., & Evangelista-Lozano, S. (2015). Estructura interna de los gránulos de almidón de plátano mediante gelatinización química superficial: propiedades morfológicas, fisicoquímicas y moleculares. Revista mexicana de ingeniería química, 14(1), 73-80.
- Almenar R. E. (2005). Envasado Activo de Fresas Silvestres, Facultad de Farmacia, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos.
- Alvarado, J., de Dios (2014), "Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos", Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- AOAC. (2019). Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemist (21 ed.). (A. o. Chemists, Ed.) Washington DC.
- Aristizábal, J. y Sánchez, T. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca* (Vol. 163). Roma (Italia): FAO.

- Avila, H. (2010). "Manual de Producción de Patate o chayote". La Lima. Retrieved from [bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/74/EDA\\_Manual\\_Produccion\\_Patate\\_15-10.pdf?sequence=1](http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/74/EDA_Manual_Produccion_Patate_15-10.pdf?sequence=1)
- Balderas, W. M. A. (2016). Caracterización de los Componentes de Naturaleza Polisacárida en raíz de *Sechium edule* (Chinchayote) (Doctoral dissertation, CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA APLICADA Y TECNOLOGÍA AVANZADA).
- Barco, P., Burbano, A., Mosquera, S., Héctor, V. y Navia, D. (2011). Efecto de recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate. *revista Lasallista de Investigación*, 8(2), 96-103.
- Barrera, V. H. (2013). Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador (Vol. 4). International Potato Center.
- Belitz, H. D., & Grosch, W. y Schieberle P. 2012. Química de los alimentos. Segunda edición. Editorial Acirbia. Zaragoza.
- Beltrán, A. (2010). *Estudio de la vida útil de fresas (Fragaria vesca) mediante tratamiento con luz ultravioleta de onda corta UV-C*. (Tesis Grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador).
- Borja Rengifo, E. V. (2010). Estudio de la conservación de fresas (*fragaria vesca*) mediante tratamientos térmicos (Bachelor's thesis).
- Cadena Iñiguez, J., Soto Hernández, M., Arévalo Galarza, M., Avendaño Arrazate, C. H., Aguirre Medina, J. F., & Ruiz Posadas, L. D. M. (2011). Caracterización bioquímica de variedades domesticadas de chayote *Sechium edule* (Jacq.) Sw. comparadas con parientes silvestres. *Revista Chapingo. Serie horticultura*.
- Camargo, B. R., Castro, G., Ortiz, L., Quintero, Y., & Suarez, J. (2011). Impregnación de cloruro de calcio y ácido ascórbico en la conservación de la fresa (variedad chandler). @ *limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 9(2).
- Castro, J., Toledo, M., Rodríguez, B., Perdomo, A., Rodríguez, M., & Díaz, C. (2015). Caracterización morfológica y composición química de chayotas (*Sechium edule*) cultivadas en las Islas Canarias (España). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 65(4), 243-253.

- Coronel, O. A. D. Á., León-García, E., Vela-Gutiérrez, G., Medina JDIC, G. V. R., & García, H. S. (2017). Chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz). *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health*.
- De León Coajiboy, C. M. (2015). Caracterización y comportamiento Físico Químico del almidón de la Achira (*Canna edulis* ker) con relación al almidón de yuca (*Manihot esculenta* crantz) (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil., Facultad de Ingeniería Química).
- Dotto, M. (2013). Participación de expansinas en el ablandamiento de frutilla: regulación hormonal, expresión en distintas variedades y efecto de la aplicación de tratamientos físicos. Tesis para optar por el título de Doctor en Biología Molecular y Biotecnología. Universidad Nacional de General San Martín, Argentina.
- Dussán-Sarria, S., Torres-León, C., Hleap-Zapata, J.I. (2014). Efecto de un Recubrimiento Comestible y de Diferentes Empaques durante el Almacenamiento Refrigerado de Mango Tommy Atkins Mínimamente Procesado.
- Eric, D. (2009). Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. *Food Technology*, ISSN: 0015-6639, 23(6): 13.
- Escalante Varona, A. V. (2015). Aplicación de un recubrimiento comestible de goma de tara (*Caesalpinia spinosa* molina kuntze) sobre fresas (*Fragaria ananassa* cv. aromas) para prolongar su conservación.
- Figuerola, J. A., Salcedo, J. G., & Narváez, G. J. (2017). Efecto de recubrimientos comestibles a base de almidón nativo y oxidado de yuca sobre la calidad de mango (Tommy Atkins).
- Flores, B., & Armanda, Y. (2019). Determinación del periodo de vida útil en queso crema elaborado a partir de leche de cabra por el método de pruebas aceleradas.
- García, O., y Pinzón, M. (2017). Efecto de recubrimientos de almidón de plátano guayabo (*Musa paradisiaca* L.) en la calidad de fresas. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 24(39), 92-102.
- Giraldo, J. A. (2013). Potencial nutricional de la cidra (*sechium edule*) para la alimentación animal sostenible.
- Hernández, E. (2014). Evaluación sensorial. Bogotá, DC. Centro Nacional de Medios para el Aprendizaje.

- Hernández-Munoz, P., Almenar, E., Valle, V. D., Velez, D., & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chem*, 110(2), 428-435. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.02.020.
- Holcroft, D., & Kader, A. (2006). Los cambios inducidos por dióxido de carbono en color y síntesis de antocianinas de la fresa en almacenamiento. Estados Unidos.
- ICONTEC. (2002). Norma Técnica Colombiana NTC ICONTEC 3528. Alimentos para animales. Yuca integral seca para consumo animal (pp. 1-6).
- INEN (2013<sup>a</sup>). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 750. Productos vegetales y de frutas. Determinación de la acidez titulable (IDT).
- INEN (2013<sup>b</sup>). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 1842. Productos vegetales y de frutas-Determinación de pH (IDT).
- INEN (2013<sup>c</sup>). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 2173. Productos vegetales y frutas - determinación de sólidos solubles - método refractométrico (IDT) (pp. 1-5).
- INEN (2014<sup>a</sup>). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 3593. Almidones y féculas. Determinación de cenizas (ISO 3593:1981, IDT) (pp. 1-6).
- INEN (2015). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 411. Frutas frescas. Fresa requisitos.
- Jairo, M. Dumar, Q & Carlos, L (2014). Caracterización de harina y almidón de frutos de banano Gros Michel (*Musa acuminata* AAA). *Acta Agronomica*, 64(1), 11-21.
- Jiménez-Hernández J., Salazar-Montoya J.A., Ramos-Ramírez E.G. (2007) Physical, chemical and microscopic characterization of a new starch from chayote (*Sechium edule*) tuber and its comparison with potato and maize starches. *Carbohydrate Polymers*. 68. 679-686.
- Jima, I. M. (2015). Aplicación de recubrimientos comestibles (gelatina, glicerol, tween, ácido cítrico y glucosa) y su efecto en el tiempo de vida útil de fresa (*Fragaria ananassa*) variedad albión (Bachelor's thesis).
- Kader, A. A. (2009). La calidad del sabor de frutas y hortalizas. *Hortic. Internacional*, 69, 6-7.

- Lalaleo Córdova, D. J. (2017). Caracterización reológica de suspensiones elaboradas a partir de harina y residuos de banano de rechazo (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería en Alimentos.).
- López-Valencia, D., Sánchez-Gómez, M., Acuña-Caita, J. F., & Fischer, G. (2018). Propiedades fisicoquímicas de siete variedades destacadas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivadas en Cundinamarca (Colombia), durante su maduración. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(1).
- Leiva, C., Obando, R., (2014). Extracción de almidón a partir de variedades de papa cultivadas en Nicaragua. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Química, Managua (Nicaragua).
- Maccapa, R. (2015). Efecto de la aplicación de un recubrimiento biodegradable a base de aislado de proteína de suero sobre la vida útil de la chirimoya (*annona cherimola*), fresa (*fragaria vesca*) y pera (*pyrus communis*). (Tesis grado), Universidad Nacional del Altiplano, Puno (Perú).
- Márquez, M. M. (2015). Caracterización hidráulica del fruto de *Fragaria x ananassa* durante el proceso de maduración.
- Martínez, P., Málaga, A., Betalleluz, I., Ibarz, A., & Velezmoro, C. (2015). Caracterización funcional de almidones nativos obtenidos de papas (*Solanum phureja*) nativas peruanas. *Scientia Agropecuaria*, 6(4), 291-301.
- Medina, M. R., Ávila, J., & Ruales, J. (2016). Diseño de un recubrimiento comestible bioactivo para aplicarlo en la frutilla (*fragaria vesca*) como proceso de postcosecha. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17(2), 276-287.
- Mejía Doria, C., Duque Cifuentes, A., Garcia-Alzate, L., Giraldo-Castaño, Y., & Padilla-Sanabria, L. (2016). Caracterización fisicoquímica de geometrías de cidra (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) impregnadas a vacío con maracuyá. *Agronomía Colombiana*, 34(1Supl), S1211-S1214.
- Miranda, P., Marrugo, Y., y Montero, P. (2013). Caracterización funcional del almidón de fríjol zaragoza (*Phaseolus Lunatus* L.) y cuantificación de su almidón resistente. *Tecnológicas*(30), 17-32.

- Moreira, A., & Stalin, R. (2018). Caracterización morfológica y composición físico-química de la fruta Cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad Virens Levis cultivada en los cantones Piña (El Oro) y Baños (Tungurahua) (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería en Alimentos.).
- Núñez, G. S. (2015). Estudio socio-agronómico de la producción de chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw.) en el municipio de Villa Corzo, Chiapas. Protocolo de investigación. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma de Chiapas, México.
- Oliveira, D. M., Rosa, C. I. L. F., Kwiatkowski, A., & Clemente, E. (2013). Biodegradable coatings on the postharvest of blackberry stored under refrigeration. *Revista Ciencia Agronómica*,
- Oñate Zúñiga, L. E. (2018). Desarrollo de un recubrimiento comestible para fresa (*Fragaria x ananassa* Duchesne) en base a almidón de papa china (*Colocasia esculenta* Schott) de la variedad blanca (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería en Alimentos.).
- Ortiz Macas, R. D. (2017). Formulación de un recubrimiento comestible antifúngico a base de gelatina, glicerol y natamicina encapsulada en liposomas de fosfatidilcolina para su aplicación en fresa (*Fragaria vesca*) (Bachelor's thesis, Quito, 2017.).
- Paredes, V. (2017). Efecto de un recubrimiento comestible de gelatina y  $\epsilon$ -polilisina en la calidad microbiológica de mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*). (Tesis Grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador).
- Parra, D., Tadini, C., Ponce, P., Lugão, A.(2004). Mechanical properties and water vapor transmission in some blends of cassava starch edible films, *Carbohydrate Polymers*.
- Pavón-Vargas, D., & Valencia-Chamorro, S. (2016). Efecto de recubrimientos comestibles compuestos a base de goma tara en la calidad poscosecha de frutilla

- (*Fragaria ananassa*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17(1), 65-70.
- Polanco, L. Z. (2014). Extracción y caracterización de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum*, Grupo Phureja). *Revista Latinoamericana de la papa*, 18(1).
- Quintero Ramírez, M. C., & Zambrano Muñoz, J. J. (2015). Proceso de obtención de una harina de cidra papa (*sechium edule*) y su caracterización físico-química [recurso electrónico] (Doctoral dissertation).
- Quispe Nina, R. (2017). Efecto antimicrobiano y antioxidante del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*), en el jamón de carne de alpaca (*Vicugna Pacos*)
- Ramírez, J., Aristizabal, I., & Restrepo, J. (2013). Coservación de la mora de Castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila. *Vitae*, 20(3), 172-183.
- Restrepo, A., Cortés, M. y Rojano, B. (2012). Potenciación de la capacidad antioxidante de fresa (*Fragaria ananassa* Duch.) por incorporación de vitamina E e utilizando la técnica de impregnación a vacío. *Revista de la Facultad de química farmacéutica*, 17(2), 135-140.
- Restrepo, J. I., & Aristizábal, I. D. (2010). Conservation of strawberry (*Fragaria X ananassa* Duch cv. Camarosa) by edible coating application of sábila gel mucilage (*Aloe barbadensis* miller) and carnauba wax. *Vitae*, 17(3), 252-263.
- Ribeiro, C., Vicente, A., Teixeira, J., Miranda, C. (2007). Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology*, doi:10.1016/j.postharvbio.2006.11.015, 44: 7.
- Rico, R.F., Gutiérrez, C.C., Díaz-Moreno, C. (2012). Efecto de recubrimientos comestibles de quitosano y aceites esenciales en la calidad microbiológica de mango (*Mangifera indica* L.) mínimamente procesado.
- Rodríguez, J. M., Toledo Díaz, A. M., Rodríguez Galdón, B., Perdomo Molina, A., Rodríguez-Rodríguez, E. M., & Díaz Romero, C. (2015). Caracterización morfológica y composición química de chayotas (*Sechium edule*) cultivadas en las Islas Canarias (España). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*.

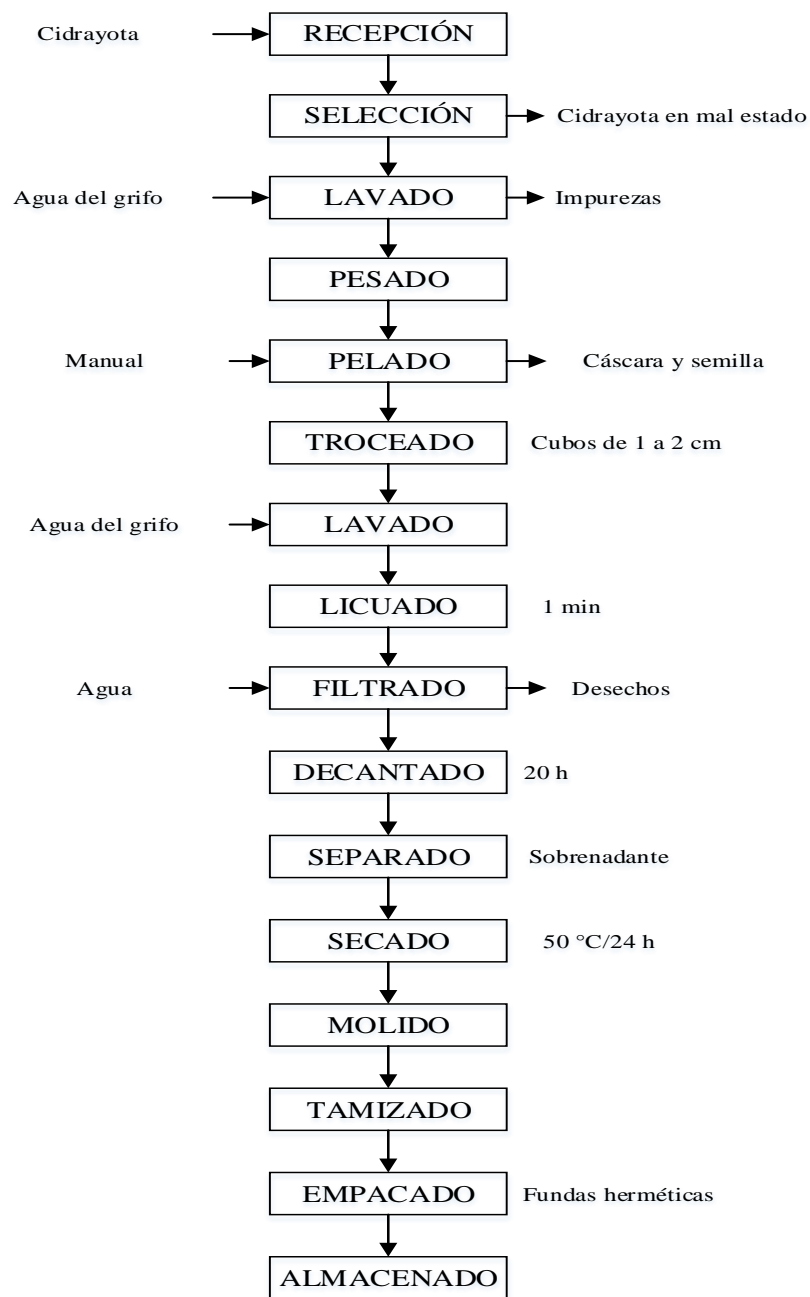


- Sacchetti, G., Maietti, S., Muzzoli, M., Scaglianti, M., Manfredini, S., Radice, M. y Bruni, R. (2005). Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobial in foods. *Food Chemistry*.
- Santos, C., & Ivory, C. (2017). Caracterización reológica y fisicoquímica de pastas y geles obtenidos del almidón de tres variedades de papa nativa (*Solanum spp.*).
- Tarco, G., & Alexandra, M. (2017). Evaluación del efecto de un recubrimiento con Quitosano sobre la calidad postcosecha de la mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería en Alimentos.).
- Terrazas-Hernández J. (2013). Efecto de la temperatura y la humedad relativa en películas biodegradables elaboradas a base de almidón, de la raíz tuberizada de la planta del chayote (*Sechium edule Sw.*), con adición de celulosa o nanopartículas de celulosa. Tesis Maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.
- Vargas, G., Martínez, P., & Velezmoro, C. (2016). Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación. *Scientia Agropecuaria*, 7(SPE), 223-230.
- Velásquez-Moreira, A., & Guerrero, A. (2014). Algunas investigaciones recientes en recubrimientos comestibles aplicados en alimentos. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 8(2), 5-12.
- Villacrés, E. M. B. (Septiembre de 2014). Master en ciencias, Investigadora en INIAP-Estación Santa Catalina. (P. Almeida, Entrevistador).
- Villegas, R. C. (2017). Estudios científicos relacionados a la raíz tuberizada de chayote (*Sechium edule*), revisión. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 3(5).
- Yungán, P., & Álvaro, I. (2015). Efecto del método de extracción del almidón de mashua (*Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pav.*) en las características físico-químicas y reológicas (Bachelor's thesis).

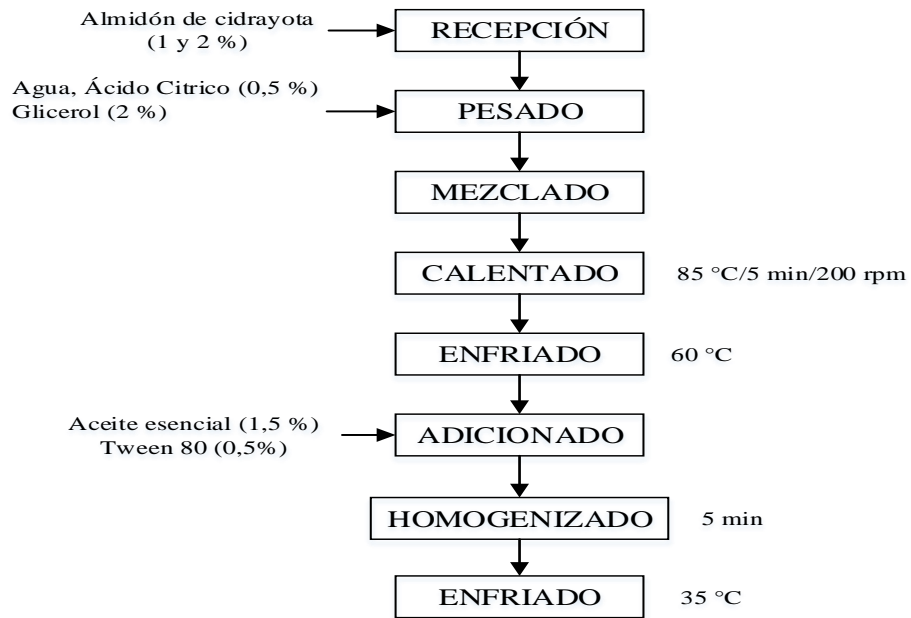
# **ANEXOS**

# **ANEXO A**

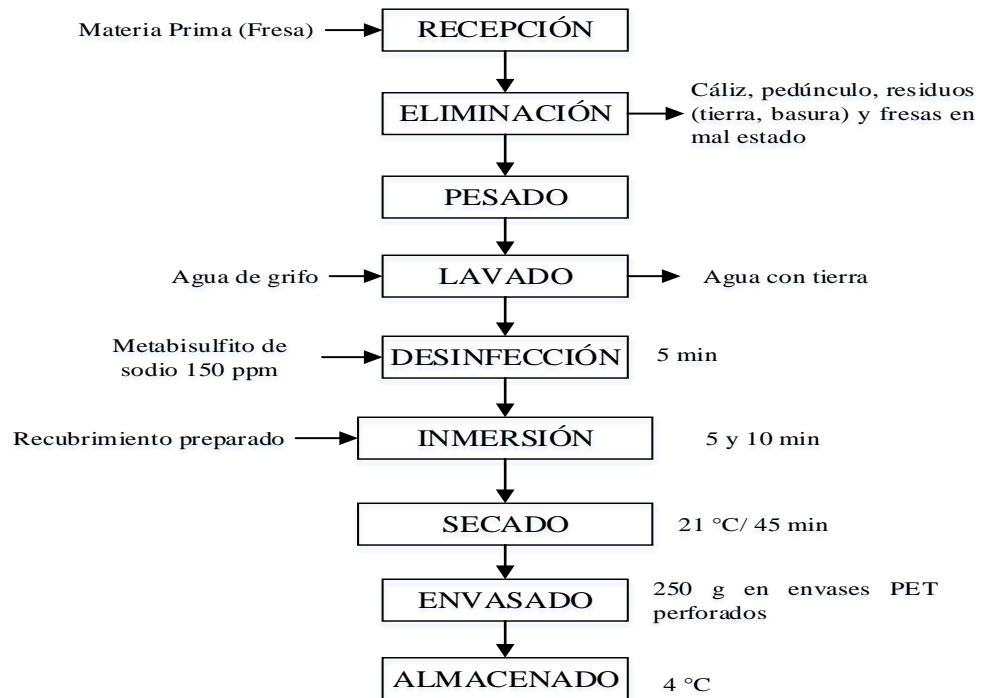
## **Diagramas de flujo de la fase experimental**



**FIGURA A 1:** Extracción de almidón de cidrayota (*Sechium edule*)



**FIGURA A 2:** Preparación del recubrimiento comestible a base de almidón de cidrayota (*Sechium edule*)



**FIGURA A 3:** Aplicación del recubrimiento en fresas (*Fragaria ananassa*)

# **ANEXO B**

**Fotografías de la fase experimental**

## EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE CIDRAYOTA (*Sechium edule*)



Recepción de la cidrayota



Pelado



Picado



Licuada



Filtrado



Secado



Almacenado

## PREPARACIÓN DE LA FRESA Y APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO



Recepción de la fresa



Eliminación del pedúnculo



Lavado



Desinfectado



Preparación del recubrimiento



Inmersión



Envasado



Almacenado



# **ANEXO C**

**Tablas del análisis estadístico para las propiedades fisicoquímicas de la fresa con recubrimiento almacenada a 4 °C**

**Tabla C 1:** Análisis de Varianza para Pérdida de peso (%) en fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota al día 10 de almacenamiento (4 °C) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: % Almidón	12,5	1	12,5	89,29	0,0007
B: Tiempo de Inmersión	48,02	1	48,02	343,00	0,0001
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,5	1	0,5	3,57	0,1318
RESIDUOS	0,56	4	0,14		
TOTAL (CORREGIDO)	61,58	7			

**Tabla C 2:** Prueba Tukey HSD para pérdida de peso (%). Método: 95,0 %

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T4	2	13,6	0,252982	a
T2	2	16,6	0,252982	b
T3	2	19,0	0,252982	c
T1	2	21,0	0,252982	d
Tc (control)	2	26,6	0,252982	e

**Tabla C 3:** Análisis de Varianza para SST en fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota al día 10 de almacenamiento (4 °C) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: % Almidón	0,163333	1	0,163333	0,64	0,4466
B: Tiempo de inmersión	0,12	1	0,12	0,47	0,5121
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,0133333	1	0,0133333	0,05	0,8249
RESIDUOS	2,04	8	0,255		
TOTAL (CORREGIDO)	2,33667	11			

**Tabla C 4:** Prueba Tukey HSD para SST. Método: 95,0 %

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T2 (a)	3	9,2	0,0745356	a
T3 (b)	3	9,33333	0,0745356	a
T1 (1)	3	9,43333	0,0745356	a
T4 (ab)	3	9,5	0,0745356	a

**Tabla C 5:** Análisis de Varianza para pH en fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota al día 10 de almacenamiento (4 °C) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: % Almidón	0,000208333	1	0,000208333	0,42	0,5367
B: Tiempo de inmersión	0,000208333	1	0,000208333	0,42	0,5367
INTERACCIONES					
AB	0,00000833333	1	0,00000833333	0,02	0,9005
RESIDUOS	0,004	8	0,0005		
TOTAL (CORREGIDO)	0,004425	11			

**Tabla C 6:** Prueba Tukey HSD para pH. Método: 95,0 %

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T3 (b)	3	3,55	0,0129099	a
T1 (1)	3	3,55667	0,0129099	a
T4 (ab)	3	3,55667	0,0129099	a
T2 (a)	3	3,56667	0,0129099	a

**Tabla C 7:** Análisis de Varianza para Acidez Titulable (% Ác. Cítrico) en fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota al día 10 de almacenamiento (4 °C) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: % Almidón	0,00000705333	1	0,00000705333	0,17	0,6878
B: Tiempo de inmersión	0,000124163	1	0,000124163	3,06	0,1185
INTERACCIONES					
AB	5,33333E-8	1	5,33333E-8	0,00	0,9720
RESIDUOS	0,0003249	8	0,0000406125		
TOTAL (CORREGIDO)	0,00045617	11			

**Tabla C 8:** Prueba Tukey HSD para Acidez Titulable. Método: 95,0 %

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T2	3	0,966233	0,00367933	a
T4	3	0,967633	0,00367933	a
T1	3	0,972533	0,00367933	a
T3	3	0,9742	0,00367933	a

**Tabla C 9:** Análisis de Varianza para el atributo aroma en fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota al sexto día de almacenamiento (4 °C) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: TRATAMIENTOS	5,84	4	1,46	6,08	0,0005
B: CATADORES	5,24	9	0,582222	2,43	0,0226
INTERACCIONES					
AB	20,16	36	0,56	2,33	0,0029
RESIDUOS	12,0	50	0,24		
TOTAL (CORREGIDO)	43,24	99			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla C 10:** Prueba Tukey HSD para el atributo aroma. Método: 95,0 %

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T4 (ab)	20	3,5	0,109545	a
T3 (b)	20	3,6	0,109545	a
T2 (a)	20	3,7	0,109545	a
T1 (1)	20	4,0	0,109545	a
Tc (control)	20	4,2	0,109545	b

**Tabla C 11:** Análisis de Varianza para el atributo color en fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota al sexto día de almacenamiento (4 °C) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTOS	4,1	4	1,025	3,31	0,0176
B:CATADORES	3,05	9	0,338889	1,09	0,3847
INTERACCIONES					
AB	16,1	36	0,447222	1,44	0,1143
RESIDUOS	15,5	50	0,31		
TOTAL (CORREGIDO)	38,75	99			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla C 12:** Prueba Tukey HSD para el atributo color. Método: 95,0 %

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Tc (control)	20	3,65	0,124499	a
T1 (1)	20	3,7	0,124499	a
T3 (b)	20	3,75	0,124499	ab
T2 (a)	20	3,95	0,124499	ab
T4 (ab)	20	4,2	0,124499	b

**Tabla C 13:** Análisis de Varianza para el atributo sabor en fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota al sexto día de almacenamiento (4 °C) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: TRATAMIENTOS	7,9	4	1,975	5,81	0,0006
B: CATADORES	2,8	9	0,311111	0,92	0,5200
INTERACCIONES					
AB	23,3	36	0,647222	1,90	0,0176
RESIDUOS	17,0	50	0,34		
TOTAL (CORREGIDO)	51,0	99			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla C 14:** Prueba Tukey HSD para el atributo sabor. Método: 95,0 %

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T1 (1)	20	3,3	0,130384	a
Tc (control)	20	3,45	0,130384	ab
T3 (b)	20	3,8	0,130384	abc
T2 (a)	20	3,9	0,130384	bc
T4 (ab)	20	4,05	0,130384	c

**Tabla C 15:** Análisis de Varianza para el atributo textura en fresa con recubrimiento de almidón de cidrayota al sexto día de almacenamiento (4 °C) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: TRATAMIENTOS	12,8	4	3,2	11,85	0,0000
B: CATADORES	5,25	9	0,583333	2,16	0,0411
INTERACCIONES					
AB	25,2	36	0,7	2,59	0,0010
RESIDUOS	13,5	50	0,27		
TOTAL (CORREGIDO)	56,75	99			

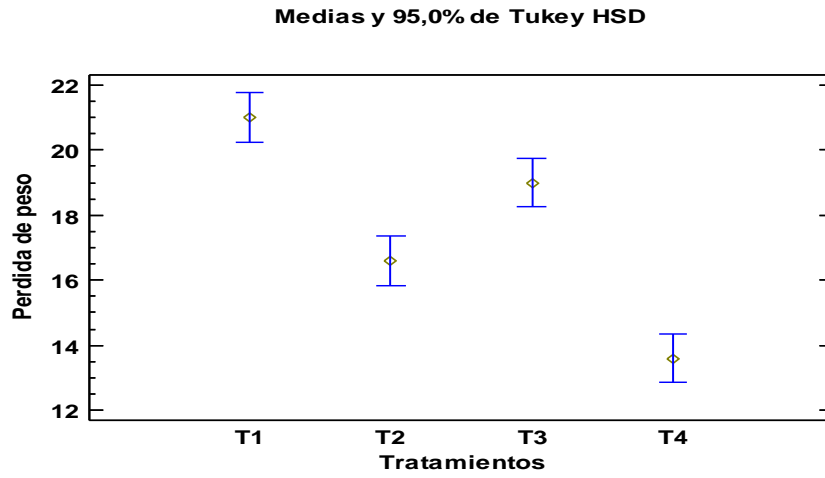
Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla C 16:** Prueba Tukey HSD para el atributo textura. Método: 95,0 %

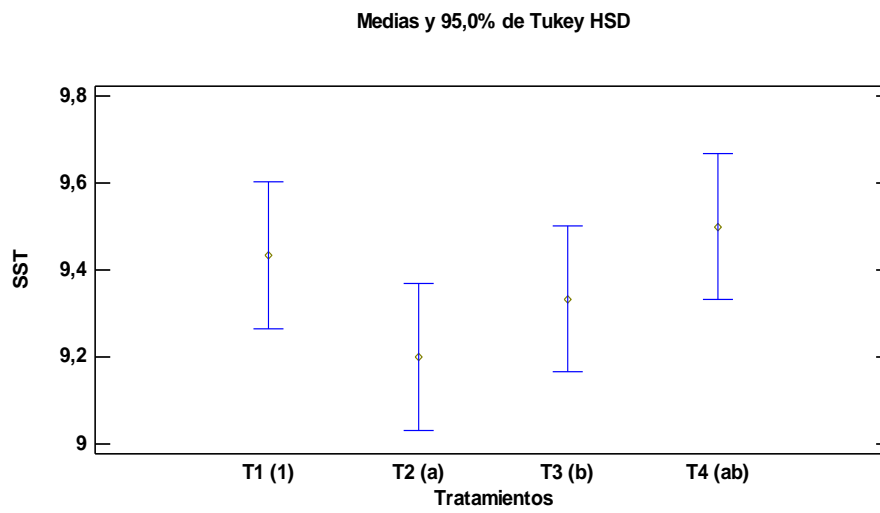
<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Tc (control)	20	2,45	0,11619	a
T1 (1)	20	2,7	0,11619	ab
T2 (a)	20	3,0	0,11619	b
T3 (b)	20	3,1	0,11619	bc
T4 (ab)	20	3,5	0,11619	c

# **ANEXO D**

**Gráficos del análisis estadístico de las propiedades fisicoquímicas de la fresa con recubrimiento**



**Gráfico D 1:** Prueba de Tukey HSD para Pérdida de peso (%). Método: 95,0 %



**Gráfico D 2:** Prueba de Tukey HSD para SST. Método: 95,0 %

Medias y 95,0% de Tukey HSD

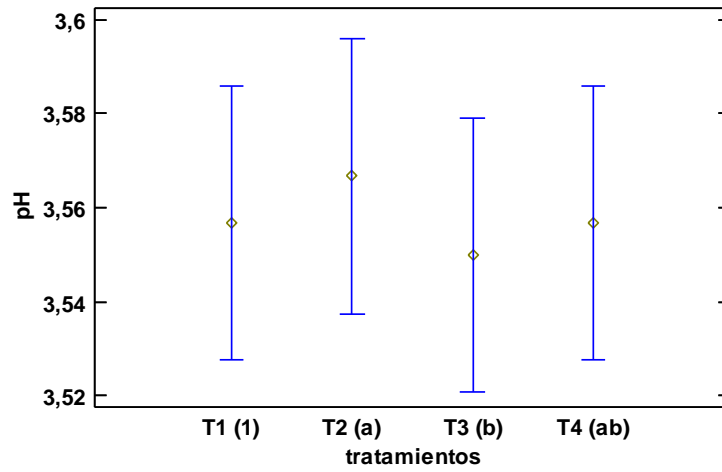


Gráfico D 3: Prueba de Tukey HSD para pH. Método: 95,0 %

Medias y 95,0% de Tukey HSD

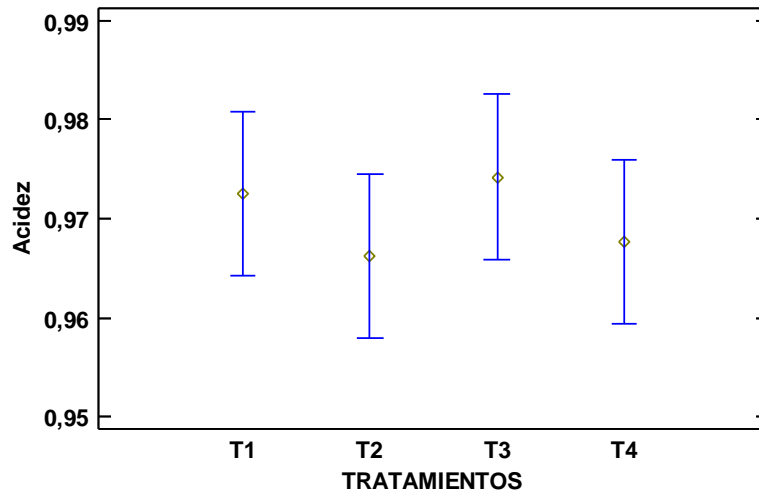


Gráfico D 4: Prueba de Tukey HSD para Acidez titulable (% Ác. Cítrico). Método: 95,0 %



# ANEXO E

## Valores de viscosidad aparente ( $\mu$ , mPa.s)

**Tabla E 1:** Valores de viscosidad para determinar el comportamiento de la solución de almidón de la fruta de cidrayota.

rpm	$\mu$ (mPa.s)	$\gamma$	$\tau$	$\omega$	F	F*100
0,5	8472	0,8	70,6	0,0524	0,8333	0,0083
1	5184	1,7	86,4	0,1047	1,6667	0,0167
1,5	4192	2,5	104,8	0,1571	2,5000	0,0250
2	3520	3,3	117,3	0,2094	3,3333	0,0333
2,5	3036	4,2	126,5	0,2618	4,1667	0,0417
3	2692	5,0	134,6	0,3142	5,0000	0,0500
3,5	2454	5,8	143,2	0,3665	5,8333	0,0583
4	2208	6,7	147,2	0,4189	6,6667	0,0667
4,5	2094	7,5	157,0	0,4712	7,5000	0,0750
5	1959	8,3	163,2	0,5236	8,3333	0,0833

$\mu$  = viscosidad,  $\gamma$  = gradiente de deformación,  $\tau$  = esfuerzo de corte,  $\omega$  = velocidad angular

# **ANEXO F**

**Hoja de catación**

**Tabla F 1:** Hoja de catación en la evaluación sensorial para fresas sin tratamiento y con tratamiento

NOMBRE:..... FECHA:.....

**INSTRUCCIONES:** Frente a usted hay cinco muestras codificadas de fresa, las cuales debe probar una a la vez y marcar según usted considere conveniente sobre cada muestra.

Características	Parámetros	Muestras				
		313	421	123	113	324
<b>Aroma</b>	1. Nada perceptible					
	2. Perceptible					
	3. Medianamente intenso					
	4. Intenso					
	5. Muy intenso					
<b>Color</b>	1. Rojo negruzco					
	2. Rojo débil					
	3. Rojo característico					
	4. Rojo intenso					
	5. Rojo brillante					
<b>Sabor</b>	1. Desagrada mucho					
	2. Desagrada					
	3. Desagrada poco					
	4. Agrada poco					
	5. Agrada mucho					
<b>Textura</b>	1. Muy suave					
	2. Suave					
	3. Ni suave ni dura					
	4. Dura					
	5. Muy dura					

Para el color



**Comentario**.....  
 .....  
 .....