

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



“Recubrimiento comestible natural con base de gel de sábila (*Aloe barbadensis miller*) para la conservación y su efecto en la calidad postcosecha de papaya (*Carica papaya*) variedad *Tainung*”

Presentada por:

Jessica Valeria Guardado de Trigueros

Ciudad Universitaria, Marzo 2023

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
CURSO DE ESPECIALIZACIÓN: FISIOLOGÍA Y
TECNOLOGÍA POSTCOSECHA DE FRUTAS Y HORTALIZAS**



“Recubrimiento comestible natural con base de gel de sábila (*Aloe barbadensis miller*) para la conservación y su efecto en la calidad postcosecha de papaya (*Carica papaya*) variedad *Tainung*”

Presentada por:

Jessica Valeria Guardado de Trigueros

**Presentada como requisito para obtener el Título de Ingeniero
Agroindustrial**

Ciudad Universitaria, Marzo 2023

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Rector

Lic. M. Sc. Roger Armando Arias Alvarado

Secretario General

Lic. M.Sc. Francisco Antonio Alarcón Sandoval

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

Decano

Ing. Agr. Dr. Francisco Lara Asencio

Secretario

Ing. Agr. M.Sc. Balmore Martínez Sierra

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

Ing. Agr. Ludwing Vladimir Leyton Barrientos

ASESOR DE TESINA

Ing. Agr. M. Sc. Omar Antonio Lara Díaz

TRIBUNAL CALIFICADOR

Ing. Agr. Omar Antonio Lara Díaz

Ing. Agr. Humberto Ruíz Mejía

Ing. Agr. Sara Anabel Mejía Arteaga

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACION

Ing. Agr. Haydee Esmeralda Munguía de Pérez

DEDICATORIA

A mi esposo Santiago Trigueros, quien como mi agente de calidad no solo se encargó de revisar los procesos de esta Tesina sino lo más importante de motivarme, incentivar me y levantarme cada vez que los ánimos decaían a lo largo de la carrera. No podría haber culminado este logro que es " nuestro", trabajo en equipo con nuestro Jacobito. A mis mamás quien una desde el cielo Mami Valeriana, la otra desde el exterior Mamá Lucy, pero siempre acompañándome y dándome fuerzas para obtener el título que a ellas por falta de oportunidades la vida les negó. A mi madre Andrea quien no de sangre, pero si por decisión y por bendición se convirtió en mi ángel de la guarda y protección. A mi familia elegida, los Trigueros que se convirtieron en mis hermanos que no tuve y me incluyeron a la línea sanguínea sin protestar y me han hecho sentir una más de ustedes. A mis primas las Guardado Torres, que me dieron los mejores consejos para restablecer mis nervios, me escucharon y motivaron con sus experiencias. ¡Con amor a todos, salud!

AGRADECIMIENTOS

A Dios primero porque me permitió tener salud y muchos años para gozar esta etapa que culmina con esta investigación. A la Sagrada Familia quienes con su ejemplo de santidad me incitan a ser mejor persona. A mi esposo porque es mi pilar fundamental y por su amor incondicional con el que día con día me demuestra lo dichosa que soy al tenerle. A mi Mamá Valeriana que es mi ángel protector y quien me cuida desde el cielo, quien me amó más allá de la muerte y que sé que está saltando de alegría tanto como yo. A mi Mamá Lucy quien a pesar de la distancia siempre estuvo conmigo acompañándome y apoyándome en cada etapa de mi vida. A mi Madre Andrea que desde que Dios la puso en mi camino no ha dejado de cuidarme, aconsejarme y protegerme. Gracias por aceptarme como tu hija. A mi familia Trigueros, gracias por apoyarme y demostrarme lo feliz y bendecida que es una familia unida. A todos mis amigos y compañeros que también me motivaron a seguir adelante. A mi tutor Ing. Omar Lara por corregirme y presionarme para hacer un buen trabajo. Y un agradecimiento especial a todos los Ingenieros que no solo fueron mentores, sino que se volvieron amigos y que a lo largo de la carrera nunca me negaron agüita cuando toque sus cubículos semana tras semana, que gentil y genuinamente siempre me ofrecieron cafecito con pan.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCION	1
2. ANTECEDENTES	2
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
4. OBJETIVOS	5
4.1 Objetivo General	5
4.2 Objetivos Específicos	5
5. ESTADO DEL ARTE	6
5.1 Recubrimientos comestibles	6
5.1.1 Hidrocoloidales	6
5.1.2 Lípidos	8
5.1.3 Compuestos	9
5.2 Función de los recubrimientos comestibles	9
5.3 Papaya (<i>Carica papaya L.</i>)	10
5.3.1 Origen	10
5.3.2 Importancia del fruto	11
5.3.3 Comportamiento climatérico	12
5.3.4 Producción de etileno	13
5.3.5. Cambios asociados con la madurez	13
5.3.6. Relación entre el etileno y la madurez de las frutas	14
5.4 Sábila (<i>Aloe barbadensis miller</i>)	14
5.4.1 Origen	14
5.4.2 Composición química del gel	15
5.4.3 Importancia del fruto	16
5.4.4 Usos	16
6. METODOLOGIA	20
6.1 Ubicación del experimento	20
6.2 Materiales y equipo	20
6.3 Descripción de la materia prima	20
6.4 Determinación de calidad post cosecha de papaya bajo almacenamiento	22
6.4.1. Pérdida de peso:	22
6.4.2 Sólidos solubles totales:	22
6.4.3 Acidez titulable:	23
6.4.4 Medición de color:	24

6.4.5 Calidad microbiológica:	25
6.4.6 Potencial de Hidrógeno (pH):	27
6.5 Diseño Estadístico	28
7. RESULTADOS	30
7.1 Efectos de los tratamientos en la pérdida de peso	30
7.2 Efecto de los tratamientos en el contenido de Sólidos solubles (°Brix)	31
7.3 Efecto de los tratamientos en la Acidez titulable	32
7.4 Efecto de los tratamientos en la medición del Color	33
7.5 Efecto de los tratamientos en la calidad microbiológica:	36
7.6 Efecto de los tratamientos según su potencial de hidrógeno (pH).....	37
8. CONCLUSIONES	39
9. RECOMENDACIONES	40
10. BIBLIOGRAFIA	41
11. ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía de Papaya (Caricia papaya).....	10
Cuadro 2. Propiedades nutricionales y usos de la Papaya (Caricia papaya).....	11
Cuadro 3. Clasificación taxonómica de Sábila (Aloe barbadensis miller)	15
Cuadro 4. Materiales, equipo y utensilios para la investigación.....	20
Cuadro 5. Medición de color en papayas por bloques y tratamientos.	25
Cuadro 6. Diseño de Bloques de Tratamientos.....	28
Cuadro 7. Acidez titulable en papaya variedad Tainung	32
Cuadro 8. Nomenclaturas en medición de color con cartas e Albert Munsell.....	33
Cuadro 9. Viraje de color en papayas por tratamientos desde el día 1 al día 8	35
Cuadro 10. Medición de pH en papaya cv Tainung.....	37

ÌNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Productos derivados de la papaya.....	12
Figura 2. Patr3n respiratorio y de producci3n de etileno en frutas.....	12
Figura 3. Planta de s3bila.....	16
Figura 4. Productos derivados de la s3bila.....	17
Figura 5. Cosecha de papayas en Cooperativa San Carlos, El Pa3sna1.....	21
Figura 6. S3bila del vivero Jard3n de Santa Tecla y la presentaci3n de glicerina de grado alimenticio.....	21
Figura 7. Medici3n de variable peso.....	22
Figura 8. Medici3n de variable grados Brix	23
Figura 9. Medici3n de variable Acidez titulable.....	24
Figura 10. Como utilizar carta de color para comparaci3n.....	24
Figura 11. Medici3n de variable pH	27
Figura 12. Peso medido en lb de papaya variedad Tainung	30
Figura 13. 3Brix de papaya variedad Tainung	31
Figura 14. Medias de recuento de mohos y levaduras en papaya.....	36

ÌNDICE DE ANEXO

Anexo cuadro A1. Descripci3n porcentual de p3rdida de peso en frutos de papayas	46
Anexo figura A2. Gr3fica descriptiva de p3rdida de peso por d3a de toma de datos	46
Anexo figura A3. Gr3fica de 3Brix por d3a de toma de datos.....	47
Anexo figura A4. Gr3fica de acidez titulable por d3a de toma de datos	47
Anexo cuadro A5. Cuadro descriptivo de conteo de UFC/g en el d3a 1 y el d3a 8	48
Anexo figura A6. Gr3fica de medici3n de pH por d3a de toma de datos	48
Anexo figura A7. Fotograf3as del montaje de la investigaci3n y otras.....	49

RESUMEN

Los recubrimientos comestibles han tomado importancia por sus características como barreras protectoras y físicas en el intercambio de gases que producen la maduración de la fruta. Como estrategias de conservación amigables con el medio ambiente generan inquietud. Chacha, en el 2016 investigó la eficiencia de los RC en papayas con diferentes materiales. Por ello en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de El Salvador, se evaluó el efecto de cuatro formulaciones de recubrimientos comestibles frente a un testigo en la conservación postcosecha de la papaya, con cinco repeticiones cada uno, distribuidos bajo un diseño de bloques completamente al azar. Todos los frutos del mismo tamaño, colocadas en bandejas de poliestireno y todas almacenadas aproximadamente a 30°C. Para verificar los resultados obtenidos se hizo una prueba de LSD de Fisher que determinó cuál de los tratamientos produjo los mejores resultados, se trabajó con un nivel de significancia del 5% y un nivel de confianza del 95%. A las variables pH, °brix, color, acidez titulable y pérdida de peso resultó que el tratamiento dos (T₂, 50% sábila y 50% de glicerol) es el que presentó estadísticamente mejores resultados, como lo indicarían el pH bajo y el aumento de grados °brix al medir la madurez, pues los ácidos orgánicos se transformaron en azúcares de forma lenta en el T₂ a diferencia del T₀ que no contiene tratamiento, en cuanto a la variable de calidad microbiológica (mohos y levadura), también indica el T₂ obtuvo mejores resultados en comparación a los otros tratamientos, pero su resultado podría mejorar al propiciar otras condiciones.

ABSTRACT

Edible coatings have become important due to their characteristics as protective and physical barriers in the exchange of gases that produce the ripening of the fruit. As environmentally friendly conservation strategies generate concern. Chacha, in 2016 investigated the efficiency of the EC in papayas with different materials. For this reason, at the Experimental and Practice Station of the Faculty of Agronomy of the University of El Salvador, the effect of four formulations of edible coatings was evaluated against a control on the postharvest conservation of papaya, with five repetitions each, distributed under a completely randomized block design. All fruits of the same size, placed in polystyrene trays and all stored at approximately 30°C. To verify the results obtained, a Fisher's LSD test was carried out to determine which of the treatments produced the best results, working with a significance level of 5% and a confidence level of 95%. For the variables pH, °brix, color, titratable acidity and weight loss, it turned out that treatment two (T2, 50% aloe vera and 50% glycerol) is the one that presented statistically better results, as indicated by the low pH and the increase of °brix degrees when measuring maturity, since the organic acids were transformed into sugars slowly in T2, unlike T0 that does not contain treatment, in terms of the microbiological quality variable (molds and yeast), it also indicates that T2 obtained better results compared to the other treatments, but its result could be improved by promoting other conditions.

1. INTRODUCCION

La tendencia del consumo de frutas y hortalizas a nivel mundial ha aumentado, esto es debido al papel que juegan en la prevención de enfermedades cardiovasculares y de tipo terminal como el cáncer (CENTA, 2018). Sin embargo, su adquisición se vuelve difícil debido a las pérdidas en post cosecha ocasionadas por la falta de tecnologías de conservación y los altos costos para movilizarlas en óptimas condiciones.

La conservación de frutas está amenazada por el desarrollo de microorganismos y las pérdidas ocasionadas por el acelerado proceso de descomposición; lo que se ve afectado en la presentación y calidad. Según la FAO (2015) las pérdidas suceden principalmente durante la producción, postcosecha, almacenamiento y transporte. En concordancia, Velásquez y Montoya, (2016) afirman que en Colombia se desperdician en la postcosecha 1.4 millones de toneladas de alimentos, entre frutas y verduras, es así, como cobra cada vez mayor importancia la gestión de la cadena de suministro de alimentos, desde el punto de producción hasta el destino final. En nuestro país no se tiene datos específicos de pérdidas para la papaya, pues no se cosecha en grandes cantidades.

En El Salvador, la demanda de frutas es insatisfecha ya que según SIECA, hay mayores datos de importaciones que de exportaciones. Y para papaya el registro es cero, que se debería de tomar como una oportunidad de mercado para poder estudiar.

En Ecuador se han realizado ensayos con recubrimientos comestibles en papaya, en cerezas, en fresas y mango en IV gamma para evaluar su proceso de maduración y la forma en que se puede ralentizar. El uso de recubrimientos comestibles se ha incrementado en las últimas dos décadas debido a sus ventajas ambientales favorables frente a los recubrimientos sintéticos.

Es por ello que a través de la presente investigación se pretende conocer una alternativa amigable con el medio ambiente, que mejore la calidad y vida anaquel del producto después de la cosecha y se plantea el uso de Sábila (*Aloe barbadensis miller*) como ingrediente principal en la preparación del recubrimiento comestible de origen vegetal.

2. ANTECEDENTES

Estudios previos se han hecho en frutos mínimamente procesados y tratados con recubrimientos comestibles los cuales representan una alternativa para mitigar la perecibilidad de los frutos, conservando sus atributos de calidad y ofreciendo al consumidor un producto de fácil consumo y almacenamiento.

En este sentido Pérez y Restrepo (2016) en Colombia, realizaron investigaciones para conservar y prolongar la vida útil de mango Tommy Atkins mínimamente procesado con la aplicación de un recubrimiento comestible de Aloe vera, preparado con gel mucilaginoso de aloe vera en una concentración de 50 % P/P en dilución y homogenizado con cera carnauba y glicerol, para luego ser aplicado por inmersión en los frutos previamente cortados y secados en estufa. Se diseñaron cuatro tratamientos experimentales, demostraron que las muestras tratadas con el recubrimiento presentaron un retraso en la pérdida de la firmeza, menores cambios de color, una menor pérdida de peso, un aumento menos acelerado del pH y de °Brix, con respecto a los tratamientos control. Se lograron tasas bajas de consumo de O₂ y una producción controlada de CO₂ en comparación a las muestras sin tratar. A nivel microbiológico, el recubrimiento disminuyó el crecimiento de mesófilos, mohos y levaduras; mientras que sensorialmente, descriptores como la firmeza, calidad general, olor y sabor característico mostraron una mayor calificación por parte del panel sensorial. Concluyendo que el tratamiento retardo la maduración de los frutos por 3 días.

Así mismo García, *et al.*, (2017) también en Colombia, determinaron siete tratamientos para la evaluación de tres dosis de Aloe vera (10%, 20% y 30%) mezclados con dos dosis de glicerol (1,5% y 2,5%) en guayaba (*Psidium guajava*). Como variables respuesta se consideraron: la pérdida de peso (porcentaje de pérdida con respecto al peso de fruta fresca), el pH de las frutas, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable, presencia microorganismos por medio del total de unidades formadoras de colonias (UFC). El mejor tratamiento fue el T5 ya que contaba con los mejores valores en cada una de las variables analizadas. Dicho tratamiento estuvo compuesto por 30 % de Aloe vera y 1,5 % de glicerol. Luego de la evaluación se concluye que el recubrimiento aplicado en guayaba con base en Aloe vera y glicerol logra retardar el tiempo de maduración en la guayaba conservándola y logrando mantener a la fruta en buen estado conforme al paso del tiempo, sin perder sus características organolépticas.

En esta misma línea Jiménez (2017) en Ecuador, evaluó el aloe vera como recubrimiento

comestible en papaya y guayaba de IV Gama. Empleó el Diseño Completamente al Azar D.C.A, donde Factor A corresponde al porcentaje de aloe vera que fue de (30%, 50 % y 70%) y el Factor B corresponde a los niveles de temperatura de almacenamiento (4°C, y 10°C). El efecto de los recubrimientos en la papaya y guayaba se determinó mediante análisis: microbiológicos (recuento de mohos y levaduras), fisicoquímicos (pH, Grados Brix, color, acidez titulable, ácido ascórbico) y organolépticos (color, olor, textura, sabor, aceptabilidad). El uso combinado del recubrimiento comestible y refrigeración concluyó con una valoración del periodo de vida útil de las frutas, siendo para papaya T6 (70% de aloe vera y temperatura de almacenamiento 10°C) que prolongó en 10 días, mientras para guayaba T5 (70% de aloe vera y temperatura de almacenamiento 4°C) que prolongó en 8 días.

Es por eso, que utilizar los recubrimientos comestibles como alternativa para la conservación de los alimentos se está volviendo importante, pues no es solo que prolonga su vida anaquel, sino también que mantiene la calidad del alimento que satisface al consumidor.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La papaya cultivar *Tainung*, forma parte de un grupo grande de frutos climatéricos que por su naturaleza son sensibles a la producción de etileno. Esta hormona hace que los frutos sean propensos a madurar de forma continua con sus reservas nutritivas después de haber sido cosechados y desprendidos del árbol, lo que hace que el productor sea encargado de forma directa de mantener la calidad del fruto al momento de la cosecha, es decir que todas las condiciones deben ser óptimas para cosechar y no afectar la calidad y apariencia del fruto.

Para el año 2021 la producción de papaya tan solo fue de 138,307 QQ, desde 2016 las importaciones rondan los 17,253,267 kg equivalente a \$1.3 millones y de exportaciones no se tienen datos, habiendo demanda insatisfecha a nivel nacional, los motivos son diversos para el productor, desde el arrendamiento de tierras hasta los costos de producción y mercado para esta fruta. Sin embargo, es un mercado que tiene oportunidades de crecimiento y de exportaciones.

Según la FAO (2017), en el año 2016 la producción mundial fue 12,980 toneladas. El principal productor es India seguido de Brasil, México y Nigeria.

El productor vende las papayas entre los \$0.50 y \$0.75 según el peso del fruto. Y generalmente la venden en madurez fisiológica para ser comercializada a nivel nacional, pero para el comercio departamental la venden en un grado de madurez más alto y el precio ron los \$ 0.40 y \$0.70. Y ya el comerciante si la papaya no es vendida en esos grados de madurez, la comercializan en \$0.25 a \$0.50. (CENTA, 2018). Por eso es importante definir el mercado al que será canalizado, pues de ello dependen la temperatura, la humedad relativa y otras variables en las que será almacenada. Para controlar estas variables y proponer estrategias de conservación amigables con el medio ambiente por las materias primas que se utilizan surgen opciones como lo son los recubrimientos comestibles, que son barreras que reducen los procesos metabólicos, retardan el crecimiento microbiano, sirven como barrera protectora para reducir respiración, retardan la senescencia y facilitan la distribución, comercialización y transporte. Y así poder explotar un camino diferente de mercado, el de exportación; motivo por el cual la presente investigación pretende dar respuesta a la siguiente pregunta.

¿Será que los recubrimientos comestibles a base de sábila sirven como medio de conservación y mantienen la calidad postcosecha de la papaya cultivar *Tainung* durante un periodo de 8 días?

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Evaluar el efecto del recubrimiento comestible a base de Aloe vera (*Aloe barbadensis miller*) sobre la vida útil de la papaya (*Carica papaya*) cv *Tainung*, entera por mayor tiempo.

4.2 Objetivos Específicos

- ✓ Conocer el efecto de las distintas concentraciones de gel de Aloe vera (*Aloe barbadensis miller*) aplicado en papaya (*Carica papaya*) cv *Tainung*.
- ✓ Determinar el periodo de vida anaquel en la Papaya (*Carica papaya*) cv *Tainung* influenciado por el uso del gel de Aloe vera (*Aloe barbadensis miller*).
- ✓ Evaluar las características físico - químicas y microbiológicas en la postcosecha de la papaya al aplicarle los diferentes tratamientos.

5. ESTADO DEL ARTE

5.1 Recubrimientos comestibles

De acuerdo con Molocho y Orbegoso (2017) los recubrimientos comestibles son definidos como una fina capa de material comestible, depositada en un alimento como cubierta para extender la vida útil de vegetales frescos al reducir procesos metabólicos, facilitar la distribución y la comercialización de los productos alimenticios, retardar el crecimiento microbiano y servir como barrera protectora para reducir respiración, retardando el proceso de senescencia y preservando la calidad, con el objeto de inhibir o reducir la migración de humedad, oxígeno, dióxido de carbono y aromas, entre otros, pues promueven barreras semipermeables, además de transportar ingredientes alimenticios como antioxidantes, antimicrobianos y mejorar la integridad mecánica o las características de manipulación del alimento.

Hoy en día los recubrimientos comestibles son considerados una tecnología prometedora y respetuosa con el medio ambiente ya que reduce la utilización del envasado tradicional como films plásticos, además son biopolímeros naturales y biodegradables, es decir, que pueden ser obtenidos a partir de recursos naturales o extraídos a partir de los subproductos de las industrias agroindustriales, además de ser envases activos cuando se incorporan en su matriz polimérica aditivos naturales con propiedades antimicrobianas y antioxidantes (Molocho y Orbegoso 2017). Las características funcionales de los recubrimientos y películas comestibles sin consecuencia de la materia prima que se utiliza para su fabricación y debe ser obtenida de fuentes naturales para asegurar su biodegradabilidad. Según Chacha (2016), estos componentes forman parte de la formulación de los films y son clasificados en 3 grandes categorías:

5.1.1 Hidrocoloidales

Son polímeros hidrofílicos (contienen grupos oxhidrilos -OH) de origen vegetal, animal o microbiano. Producen un elevado aumento de la viscosidad y en algunos casos tienen efectos gelificantes ya que se disuelven y dispersan fácilmente en agua. En la industria de alimentos se los utiliza como aditivos con el fin de espesar, gelificar o estabilizar.

La desventaja es que por ser hidrofílicos permiten el transporte de humedad. Debido a que se

denominan hidrocoloides a aquellas sustancias solubles o dispersables en agua, este término se aplica generalmente a sustancias compuestas por polisacáridos, aunque también algunas proteínas reciben esta clasificación. Entre los más utilizados para la formulación de films y recubrimientos se encuentran:

5.1.1.1 Polisacáridos

Almidones: su uso en la fabricación de films y recubrimientos es muy conveniente ya que son polímeros biodegradables, comestibles y sus fuentes son abundantes (maíz, trigo, papa, arroz, yuca, etc.), renovables y de bajo costo.

Alginatos: se obtienen de diferentes especies de algas, principalmente de *Macrocystis pyrifera*. Presenta la propiedad de formar geles cuando se le adicionan iones calcio (Ca^{2+}) los cuales se utilizan en la formulación de PC y RC.

Pectinas: corresponden a un grupo complejo de polisacáridos estructurales que están presentes en la mayoría de las plantas, principalmente en los cítricos. Para formar películas con este compuesto es necesario agregar una sal de calcio (cloruro de calcio) y plastificante.

Quitina y quitosano: la quitina es el polisacárido más abundante en la naturaleza después de la celulosa. Las principales fuentes de este biopolímero son el exoesqueleto de muchos crustáceos, las alas de algunos insectos, paredes celulares de hongos, algas, y otros.

Carragenanos: se extraen de algas rojas como las especies *Chondrus* y *Gigarina*. Al igual que los alginatos requieren de la adición de sales de calcio para la formación de geles. Como resultado se obtienen películas transparentes, incoloras y de sabor ligeramente salado.

Derivados de la celulosa: son considerados buenos agentes formadores de películas debido a su estructura lineal. Generalmente las películas son sólidas y resistentes a los aceites y a la mayoría de los solventes orgánicos no polares.

Mucílagos: según May M citada por Chacha (2016), quien sostiene que los mucílagos son polisacáridos heterogéneos, formados por diferentes azúcares y en general ácidos urónicos, son constituyentes normales de las plantas. Se caracterizan por formar disoluciones coloidales viscosas (geles en agua).

El gel mucilaginoso de aloe vera, está formado por agua en una proporción de 99,5% y el otro 0,5% corresponde a materia sólida (vitaminas hidrosolubles y liposolubles, minerales,

enzimas, polisacáridos, compuestos fenólicos y ácidos orgánicos); gracias a la actividad biológica de sus componentes, ha tenido diversas aplicaciones como ingrediente de alimentos funcionales, helados, bebidas a base de frutas, yogures, también en cosmetología y medicina, como antiviral, desinfectante, vermífugo y fungicida, entre otros, (Restrepo y Aristizabal 2010).

5.1.1.2 Proteína

Caseína: los caseinatos son buenos formadores de películas emulsionadas por su naturaleza anfifílica, su estructura desordenada y su capacidad para formar 46 puentes de hidrógeno. Las películas de caseinato presentan características favorables para uso en alimentos como transparencia y flexibilidad.

Proteínas del suero lácteo: Las películas basadas en proteínas del suero son excelentes barreras al O₂, aunque resultan ser muy frágiles. Como solución a este inconveniente se detectó que sus propiedades mecánicas mejoran considerablemente mediante la adición de un agente plastificante, como el glicerol.

Colágeno: es el mayor constituyente de la piel, tendones y tejidos conectivos, y se encuentra extensamente distribuido en las proteínas fibrosas de los animales.

Zeína: fracción proteica del gluten de maíz, soluble en alcohol. Se caracteriza por ser un material relativamente hidrofóbico y termoplástico por lo cual forman películas fuertes poco flexibles, con brillo, resistentes al ataque microbiano, insolubles en agua, de baja permeabilidad (Chacha 2016).

5.1.2 Lípidos

Según Chacha (2016) contrariamente a los hidrocoloides, los lípidos se caracterizan por ser hidrofóbicos y no poliméricos, presentando excelentes propiedades de barrera frente a la humedad. Dentro del grupo de lípidos aplicados a recubrimientos y films comestibles se pueden mencionar las ceras, resinas, ácidos grasos, monoglicéridos y diglicéridos. La característica negativa de estas sustancias es su escasa capacidad para formar films, es decir no poseen suficiente integridad estructural ni durabilidad. No obstante, se les utiliza principalmente como protección de frutas, aplicándose una capa lipídica externa como suplemento a la cera natural que poseen los frutos, la cual es generalmente removida

durante el lavado.

5.1.3 Compuestos

Como su nombre lo indica, los films compuestos son formulados mediante la combinación de hidrocoloides y lípidos permitiendo aprovechar las ventajas funcionales que presenta cada uno, reduciendo las características desfavorables.

5.2 Función de los recubrimientos comestibles

- Su función primordial es la de estabilizar y extender la vida útil de frutas MP (Pérez 2003).
- Funcionan como buenas barreras contra gases y humedad, así como acarreadoras de antimicrobianos, antioxidantes, nutrientes y colorantes (Ulloa 2007).
- Tiene efectos positivos sobre el control de la tasa de crecimiento microbiano, y mantiene características tan deseadas por los consumidores como firmeza, brillo, color de los frutos e incluso en alimentos procesados como los productos fritos pueden llegar a minimizar la absorción de lípidos (Quintero *et al.*, 2010).
- Es importante que las películas comestibles, no sean totalmente limitantes en el intercambio de gases, ya que ello puede provocar ciertos desórdenes fisiológicos como la fermentación de la fruta (Ulloa 2007).

Por las Propiedades nutricionales del gel Aloe vera que contiene alrededor de 98,5% de agua, es rico en mucílagos. Los mucílagos se caracterizan por estar formados por ácidos galacturónicos, glucurónicos y unidos a azúcares como glucosa, galactosa y arabinosa. También están presentes otros polisacáridos con alto contenido en ácidos urónicos, fructosa y otros azúcares hidrolizables. Es utilizado como medio para el uso de los recubrimientos comestibles como protector e inhibidor de bacterias en las frutas y hortalizas (Chacha 2016).

5.3 Papaya (*Carica papaya* L)

5.3.1 Origen

El papayo es una planta nativa de América Tropical Continental, probablemente del territorio que abarca el sur de México hasta Costa Rica en América Central, aunque algunos autores la ubican al noroeste de América del Sur, en la vertiente oriental de los Andes, debido a que en esta última región se localiza la mayor diversidad de especies del género *Carica* (INIVIT 2008).

La papaya pertenece a las Caricaceae, una pequeña familia de dicotiledóneas formada por cinco géneros de plantas herbáceas. *Carica*, es el mayor género de esta familia (cuadro 1) con 21 especies distribuidas en la zona subtropical desde el sur de México hasta Argentina y Chile. El desarrollo de la papaya es rápido y su vida es de aproximadamente dos años, presenta un solo tallo de crecimiento erecto que termina en un manojito de hojas, que puede medir entre 2 y 10 m de altura. Además, el tallo es cilíndrico, suave (esponjoso-fibroso), jugoso, de color gris a café grisáceo, de 10 a 30 cm de diámetro y endurecido por la presencia de cicatrices grandes y prominentes. Las flores se producen en las axilas de los peciolos de las hojas. Las plantas son polígamas, con flores masculinas, femeninas o hermafroditas. Predominan las plantas dioicas, que junto a las hermafroditas son las deseables en las plantaciones. Su crecimiento es rápido (puede crecer 12 pulgadas en un año) y produce frutos maduros entre los 9 y 12 meses de plantadas las semillas. Comercialmente, se plantan entre 1 500 y 2 500 plantas por ha, con una producción anual de 56 700 a 136 000 kg.ha a nivel mundial (CENTA 2018).

Cuadro 1. Taxonomía de Papaya (*Carica papaya*).

Reino	Vegetal
División	Antophyta
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Dicotiledónea
Sub clase	Chrisopetala
Orden	Parietales
Familia	Caricácea
Genero	Caricia
Especie	Papaya

Fuente: CENTA 2018

5.3.2 Importancia del fruto

En El Salvador, los usos y las propiedades nutricionales de la papaya se describen en el cuadro 2 y en la figura 1 se muestran los productos derivados de la papaya en sus diferentes presentaciones.

Cuadro 2. Propiedades nutricionales y usos de la Papaya (*Carica papaya*)

Propiedades nutricionales	Usos
Agua: 86.6 g	60% de fruta comestible
Proteína: 0.5 g	Fruta fresca
Grasa: 0.3 g	Licuarios
Carbohidratos: 12.1 g	Dulces artesanales
Fibra: 0.7 g	Áreas farmacéuticas para: insuficiencias gástricas y duodenales.
Ceniza: 0.5 g	Elaboración de medios de cultivo
Potasio: 204 mg	Ablandador de carne
Calcio: 34 mg	Suavizadores de chichles
Fósforo: 11 mg	Jarabes expectorantes
Hierro: 1 mg	Clarificadores
Sodio: 3 mg	
Vitamina A: 450 mg	
Vitamina C: 74 mg	
Tiamina: 0.03 mg	
Niacina: 0.5 mg	
Riboflavina: 0.04 mg	
Valor energético: 200 kJ/100g	
Azúcares principales:	
Sacarosa: 48.3%	
Glucosa: 29.8%	
Fructosa: 21.9%	

Fuente: CENTA 2018.



Figura 1. Productos derivados de la papaya

Fuente: CENTA 2018

5.3.3 Comportamiento climatérico

Las frutas se clasifican en climatéricas y no climatéricas, según su patrón respiratorio y de producción de etileno durante la maduración organoléptica o de consumo, como se indica en la figura 2.

Las frutas climatéricas incrementan marcadamente su ritmo respiratorio y producción de etileno durante la maduración organoléptica. De igual manera, los cambios asociados con esta etapa de desarrollo (color, sabor, aroma, textura) son rápidos, intensos y variados. Estas frutas pueden ser maduras organolépticamente en la planta o después de cosechadas manteniendo éstas, en todo momento, niveles bajos de respiración y de producción de etileno. Mientras que las frutas No climatéricas sólo maduran en la planta (Arias *et al*, citado por Chacha 2016).

En los frutos climatéricos los procesos metabólicos que permiten que un fruto en madurez fisiológica llegue a madurez de consumo se inician con el etileno endógeno producido por la fruta, que es un proceso natural y propio de las frutas (Arango *et al.*, citado por Chacha 2016).

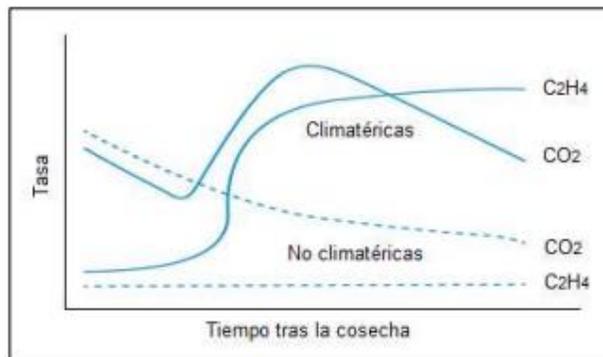


Figura 2. Patrón respiratorio y de producción de etileno en frutas.

Fuente: Chacha 2016.

Según García y Rodríguez (2017), la papaya es un fruto climatérico, completa su maduración después de ser cosechada. Su punto óptimo de cosecha está determinado por la madurez fisiológica de la papaya, la cual se encuentra definida por la aparición de franjas amarillas en los costados de la fruta, cosechándose frutos desde una franja, hasta prácticamente el fruto completamente naranja-amarillo, dependiendo del mercado hacia el cual va dirigido. Para el mercado local o regional la fruta debe presentar 25 a 30% de amarillamiento (2-3 franjas), para los mercados del interior del país y de exportación vía aérea, entre 30-40% de amarillamiento (3-4 franjas), y para exportación vía marítima, el primer vestigio de amarillamiento. Las papayas son grandes productoras de etileno y es por ello por lo que se deben conocer las distancias que esta fruta recorrerá hasta llegar a su destino final, pues la cosecha depende de eso (FAO 2007).

5.3.4 Producción de etileno

El etileno es la hormona de la maduración. Según la etapa de crecimiento y desarrollo las frutas y hortalizas llegan a un punto óptimo de maduración que es cuando están listas para ser cosechadas y continuar su proceso de maduración fuera la planta, solo con los nutrientes que la misma fruta mantiene de reserva, es decir cuando llega a su Madurez fisiológica, en el caso de las frutas climatéricas (FAO 2007).

El etileno es el principal agente inductor de la maduración de frutas y hortalizas y puede causar la maduración prematura de algunos productos o arruinar otros.

5.3.5. Cambios asociados con la madurez

Varios tipos de cambios acompañan a la madurez en la mayoría de las frutas:

- Cambios en textura y reducción de la firmeza.
- Cambios de color, generalmente pérdida de color verde y un aumento de los colores rojo y amarillo.
- Cambios en sabor y aroma; generalmente volviéndose más dulce a medida que el almidón es convertido en azúcar, y con la producción de compuestos volátiles frecuentemente aromáticos.

5.3.6. Relación entre el etileno y la madurez de las frutas

Cuando las frutas climatéricas maduran, la velocidad de la respiración se eleva llegando a un máximo y luego declina hasta el comienzo del envejecimiento, mientras que en las frutas no climatéricas la tasa de respiración decrece gradualmente. El etileno está presente en todas las frutas y ahora se le reconoce como la principal hormona de la maduración que, en las frutas climatéricas puede en realidad iniciar la maduración a concentraciones umbrales tan bajas como 0.1 a 10 partes por millón (ppm) (FAO 2007).

El etileno tiene un papel de relevancia directa con el daño físico de frutas y hortalizas. Actualmente se sabe que el etileno se produce en todos los tejidos vegetales como una respuesta al "stress". En consecuencia, el daño físico de las frutas también acelerará el proceso de maduración, y en las frutas climatéricas verdes (no maduras), puede ser su iniciador. De este modo la ventilación es también de gran importancia para prevenir la acumulación del etileno producido por frutas dañadas o en maduración, no sólo para evitar el aumento de temperatura que resulta del incremento de la respiración, sino también para prevenir la maduración acelerada o su inicio en frutas limpias y sanas. La producción de etileno es otra buena razón para una cosecha, manejo y embalaje cuidadoso de las frutas ya que para muchas frutas la cascara sirve propiamente como empaque (FAO 2007).

5.4 Sábila (*Aloe barbadensis miller*)

5.4.1 Origen

La planta de Aloe vera es originaria de África, específicamente de la península de Arabia. Al continente americano fue introducida por Cristóbal Colón en los tiempos del descubrimiento de América, debido a que éste la utilizaba como medicina para su tripulación. En esos años España ya tenía plantaciones considerables de este vegetal, probablemente dejadas como herencia de la invasión musulmana (Vega *et al.*, 2005)

La planta de Aloe - vera (Sábila) tiene una altura que oscila entre 50 cm y un metro. Sus hojas verdes bordeadas de espinas, distribuidas en el tronco en forma de roseta, son largas de 40 a 60 cm. rígidas de constitución carnosa. Su base que va de 6 a 12 cm. de ancho (Huila 2010).

5.4.2 Composición química del gel

Un 99,4% del peso del gel de aloe vera es agua. Más del 60% de los sólidos totales son polisacáridos mucilaginosos ligados a azúcares como glucosa, manosa, ramnosa, xilosa, arabinosa, galactosa y ácidos urónicos. El mucílago está compuesto de diferentes polisacáridos neutros, ácidos y acetilados (mananos, glucomananos, galactomananos), responsables de la gran capacidad que tiene la planta para retener agua y gracias a la cual puede sobrevivir en condiciones de sequía. Los polisacáridos mucilaginosos son los principios activos responsables de la actividad biológica del gel de aloe vera (figura 3).

Las cantidades presentes en los cristales de sábila de cada uno de los componentes mencionados son muy relativas respecto al suelo, cultivo, y otras actividades relacionadas a su manejo. No debe contener nunca en cantidades apreciables de acíbar, sustancia que posee derivados hidroxiantracénicos o antraquinonas de acción laxante y que se encuentra en la estructura (parte externa e interna) de la hoja (penca) (Huila 2010).

El acíbar (Aloe); es el residuo sólido, obtenido por evaporación del líquido que fluye al cortar transversalmente las hojas de varias especies del género Aloe (Familia Liliaceas). El zumo suele concentrarse por ebullición y solidificarse al enfriar.

Tanto el gel como el acíbar se obtienen a partir de las hojas frescas. Pero son productos muy diferentes tanto desde el punto de vista químico como farmacológico y terapéutico, por lo que no se deben confundir (Huila 2010).

La taxonomía está compuesta como lo describe en el cuadro 3

Cuadro 3. Clasificación taxonómica de Sábila (*Aloe barbadensis miller*)

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Liliales
Familia	Liliaceas
Genero	Aloe
Especie	Aloe barbadensis
Nombre común	Aloe vera (sábila)

Fuente: Vega *et al.*, 2005.



Figura 3. Planta de sábila

Fuente: elaboración propia

5.4.3 Importancia del fruto

Según Huila (2010) la raíz de la medicina moderna se encuentra en la medicina natural, utilizando para ello como medio de solución fuentes vegetales como el aloe o sábila, que posee en su composición una gran cantidad de elementos beneficiosos para la salud del cuerpo humano, los que además son aprovechados, entre otros, en el uso cosmetológico y alimenticio. En los últimos años se ha podido percibir un creciente interés por la planta de sábila debido a la ascendente demanda a nivel internacional y nacional y a las bondades agronómicas del cultivo.

5.4.4 Usos

Según CENTA en su guía técnica del año 2018, describe los usos del Aloe se describen a continuación:

exudado seco, excretado desde las células de aloína presentes en la zona vascular, comúnmente denominado Aloe. Es una droga natural bien conocida por su efecto catártico y también utilizado como un agente amargo en bebidas alcohólicas.

Un líquido concentrado de mucílagos presentes en el centro de las hojas, conocido como gel, el que es usado como un producto dermatológico y como un agente beneficioso para la piel, al aportar suavidad y tersura, propiedades que son aprovechadas en la industria cosmetológica y farmacéutica (Rubio *et al.*, citado por Serrano 2005).

Polvo liofilizado: Elaborado a partir las hojas frescas lavadas y desinfectadas. El gel puro y concentrado utilizado al vacío y bajas temperaturas de evaporación produce un líquido para secar,

el gel puro y concentrado de Aloe-Vera, es atomizado bajo estricto control de temperatura de entrada y salida, siendo el resultado un producto estabilizado que mantiene su eficacia y propiedades terapéuticas.

APLICACIÓN: Utilizado como agregado en alimentos (cereales, lácteos, postes y helados) y bebidas, además existen aplicaciones para cosmética natural.

Bebidas: Ayuda a la movilidad del intestino, efecto antiinflamatorio, reduce el colesterol (LDL) y como coadyuvante en procesos para bajar de peso y para diabetes tipo II.

Uso cosmético: El aloe vera uso cosmético, se utiliza para la fabricación de todo tipo de cremas, geles, serum, lápiz de labios, after shave, tratamientos capilares, y un sinnúmero de usos más para tratamientos de belleza (figura 4), pero dependiendo del fabricante dentro de la industria cosmética se incorporan diferentes porcentajes de sustancias naturales en su composición (FUSADES 2019) Según la base de datos de la ‘United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)’ los principales países importadores de sábila son Hong Kong, Bahrain, Estonia, Israel y República Dominicana. De igual forma, los principales países importadores de productos cosméticos derivados de sábila son Japón, Estados Unidos, la Unión Europea y Hong Kong, mientras que la producción a gran escala del cultivo ha sido dominada por empresas estadounidenses, que han invertido grandes sumas de dinero en investigación sobre sistemas de producción, cosecha y procesamiento de la planta. Las grandes plantaciones se han establecido en México, el estado de Texas, Australia, Israel y Venezuela (CORPOICA 2010).



Figura 4. Productos derivados de la sábila

Fuente: CORPOICA 2010

5.5 Glicerina de grado alimenticio o Glicerina Refinada

El glicerol, nombre que proviene del griego “Glykos” significa dulce y es uno de los productos químicos más versátiles y valiosos conocidos. Se ha sugerido,³ la utilización ya en Babilonia (2800 a. C.) de una forma de jabón, obtenida calentando grasa con ceniza, para lavar prendas de vestir y también por parte de los fenicios (600 a. C.) una mezcla de 7 sebo y cenizas de haya, como pomada para el pelo. Sin embargo, su utilidad en la higiene personal, es mencionado por primera vez por el físico Galeno (1300 d. C.), para lavar el cuerpo y posteriormente otro físico Priscianus (385 d. C.) hizo referencia al uso del jabón como champú.

El glicerol se encuentra formando parte de los aceites y grasas vegetales y animales como, mono, di o triacilglicéridos (glicerol y una, dos o tres moléculas de ácidos grasos saturados o insaturados, respectivamente) y también de los fosfolípidos, concretamente de los fosfoglicéridos o fosfoacilgliceroles (glicerol, ácidos grasos y grupo fosfato) integrantes de la membrana celular de animales y vegetales (Lafuente 2017).

El glicerol se utiliza en preparados médicos y farmacéuticos y en cosmética, principalmente como un medio para mejorar su suavidad, proporcionando lubricación. Debido a que es una sustancia higroscópica, se emplea como humectante, lo que permite elaborar preparaciones que tengan que mantenerse húmedas. También es ampliamente utilizado como laxante y en los jarabes para la tos y expectorantes. Su sabor ligeramente dulce unido a su propiedad de no elevar los niveles de azúcar en sangre hace que sea además muy utilizado como aditivo alimentario, codificado como E422.

El glicerol está declarado desde 1959, como sustancia segura para el consumo humano. Sin embargo, el dietilenglicol (DEG), con un aspecto, olor y sabor parecidos al glicerol ha sido usado en ocasiones y de forma fraudulenta como sustitutivo del glicerol de coste más elevado, provocando daños debido a su toxicidad.

Por otra parte, es una especie de almíbar de alcohol que se agrega a los alimentos para mantenerlos jugosos. El origen de la glicerina es mixto: vegetal y animal. Se extrae de los aceites y grasas animales y vegetales naturales. En cuanto al proceso de obtención hay que decir que se extraen a través del proceso de la destilación, filtrado y solidificación (Lafuente 2017).

5.5.1 Propiedades

1) Evita la separación de la grasa en la elaboración de las ganaches y elimina la aparición de

manchas blanquecinas de grasa en la superficie del chocolate sólido (efecto *fat bloom*).

2) La glicerina también se aplica en masas batidas, bebidas y helados.

La dosificación depende de tres factores:

- Del contenido en azúcares del producto en el que se aplicará.
- De la temperatura de exposición del producto acabado.
- De la presencia o no de alcohol en la receta.

5.5.2 Aplicaciones

Según Lafuente (2017) su uso es como emulsionante, espesante, estabilizante, anticongelante y conservante.

Mejora la presencia y la calidad de numerosos productos de la industria alimentaria.

Tiene una gran capacidad de captación y retención de la humedad, por lo que se emplea a menudo en la fabricación de muchos productos que deben conservarse blandos en el tiempo. Es soluble en agua y en alcohol.

La ingesta de glicerol en la cantidad recomendada no constituye ningún riesgo para la salud.

5.5.3 Productores de glicerol

La Unión Europea es la mayor productora de glicerol, con más de 500.000 t en 2010, situándose a la cabeza Alemania con más de 300.000 t.

6. METODOLOGIA

6.1 Ubicación del experimento

La investigación se realizó en el departamento de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de El Salvador. Desarrollando el montaje de la Estación Experimental y de Prácticas de la universidad ubicada en Cantón Tecualuya, Jurisdicción de San Luis Talpa, Departamento de La Paz, con una elevación de 40 m.s.n.m, con temperatura promedio de 26.5 °C y humedad relativa de 74%, la precipitación pluvial anual oscila entre 1600 mm a 1800 mm de acuerdo con registros (Martínez *et al.*, 2005).

6.2 Materiales y equipo

Los materiales y equipo que se utilizaron en la investigación sobre la conservación de papaya a base de sábila se muestran en el siguiente cuadro (cuadro 4).

Cuadro 4. Materiales, equipo y utensilios para la investigación.

Materiales	Equipos	Utensilios
16 de papayas	Procesador "pica todo"	Recipientes hondos
Sábila	°Brixómetro	Mezcladores
Glicerol de grado alimenticio	Ph-metro	Bandejas
Desinfectante	Balanza semi-analitica	Cuchillos
Fenofaleina		Cristalería de laboratorio
Agua destilada		
Papel toalla		

Fuente: Elaboración propia

6.3 Descripción de la materia prima

Para el establecimiento del ensayo se utilizaron papayas cultivar Tainung, cosechadas el día del montaje del ensayo procedentes de una parcela ubicada en la Cooperativa San Carlos, cantón La Cabaña, municipio de El Paísnal, departamento de San Salvador (figura 5), Los frutos utilizados tenían un tamaño aproximado de 20 cm de longitud por 10 cm de diámetro central, sobre las cuales

se realizaron las mediciones de las variables siguientes: pH, % de pérdida peso, sólidos solubles, acidez titulable, calidad microbiológica y color.



Figura 5. Cosecha de papayas en Cooperativa San Carlos, El Paísnal

Fuente: elaboración propia

Así mismo, para la extracción del gel de sábila (figura 6) se utilizaron 20 pencas de 25 cm de largo por 5 cm de ancho aproximadamente, las pencas se obtuvieron del vivero "Jardín de Santa Tecla". Este gel fue diluido en glicerol de grado alimenticio (figura 6) obtenido de la compra directa en Pimi, una tienda dedicada a la venta y distribución de productos para postres, que sirvió de base para la formulación de los tratamientos.



Figura 6. Sábila del vivero Jardín de Santa Tecla y la presentación de glicerina de grado alimenticio

Fuente: elaboración propia

6.4 Determinación de calidad post cosecha de papaya bajo almacenamiento

La medición de las variables que se relacionan con la calidad postcosecha se realizó como se describe a continuación

6.4.1. Pérdida de peso:

Se llevó a cabo un seguimiento de la pérdida de peso (figura 7) del fruto en cada uno de los tratamientos según el día de medición con una balanza digital marca OHAUS a temperatura ambiente (30°C). Al final se obtuvo la pérdida de peso por diferencia del peso inicial menos el peso final.



Figura 7. Medición de variable peso

Fuente: elaboración propia

6.4.2 Sólidos solubles totales:

Las muestras se licuaron en una licuadora de cocina marca OSTERIZER durante 2 minutos. Seguidamente se evaluó el contenido de sólidos solubles totales (SST) empleando un refractómetro marca ATAGO N°1 serie PAL-1, tomando una gota de la muestra y colocándola de forma directa (figura 8). El contenido de SST se expresó como porcentaje en la escala de grados Brix.



Figura 8. Medición de variable grados Brix

Fuente: elaboración propia

6.4.3 Acidez titulable:

Para la determinación de acidez titulable se tomaron 10 ml de muestra y se adicionaron a 20 ml de agua destilada para diluir. Posteriormente se realizó la titulación con hidróxido de sodio (NaOH, 0,01N) utilizando como indicador la fenolftaleína (figura 9). La determinación de ácido cítrico se utilizó mediante la ecuación:

$$\text{Ácido cítrico (\%)} = \frac{V \times N \times \text{Meq}}{\text{Alícuota valorada}} \times 100$$

Dónde:

V = Volumen de NaOH gastados (ml)

N = Normalidad del NaOH

Meq = Miliequivalente del ácido que se encuentra en mayor proporción de la muestra (0,064 para ácido cítrico)

Alícuota valorada = Peso en g, o volumen de muestra en ml

(INEN citado por Chacha 2016)

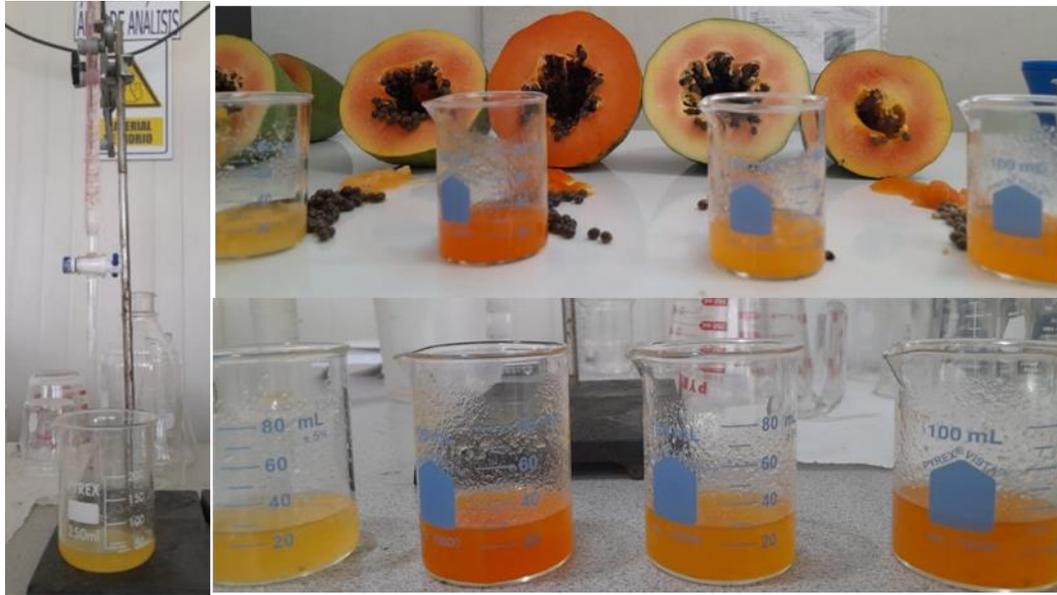


Figura 9. Medición de variable Acidez titulable

Fuente: elaboración propia

6.4.4 Medición de color:

El color se midió sobre el exocarpo de una papaya tomada al azar de cada tratamiento y se evaluó utilizando las cartas de clasificación de color de Albert Munsell (figura 10), colocándola en cada uno de los orificios que se observan en la figura siguiente para obtener el resultado del croma, tono y luminosidad del color de una de las papayas medidas. La toma de datos se realizó al día 8 de almacenamiento comparando el color de la papaya con la carta de Munsell (cuadro 5).



Figura 10. Como utilizar carta de color para comparación

Fuente: elaboración propia

Cuadro 5. Medición de color en papayas por bloques y tratamientos.

Tratamientos	Nomenclatura	Interpretación
Bloque 1	5YR; 6/10	Tono 5YR (amarillo-rojo); pureza 6; croma 10
Bloque 2	2.5GY; 7/10	Tono 2.5GY (verde-amarillo); pureza 7; croma 10
Bloque 3	7.5GY; 5/6	Tono 7.5GY (verde-amarillo); pureza 5; croma 6
Bloque 4	5Y; 7/10	Tono 5Y (amarillo); pureza 7; croma 10

Fuente: elaboración propia

6.4.5 Calidad microbiológica:

Se llevó a cabo un análisis microbiológico que determinó la presencia de mohos y levaduras al inicio y al final de la investigación para analizar la calidad microbiológica de la papaya.

6.4.5.1 Marchas microbiológicas

El recuento de hongos y levaduras se realizó de acuerdo con lo descrito por Venegas *et al.*, (1990). Las muestras se tomaron al día 1 (montaje del ensayo) y al día 8 posterior al procesamiento. En cada tiempo de muestreo, la papaya entera se introdujo en una bolsa (Model 400 Bags 6141, Londres, Inglaterra) donde fue cubierta con 90 mL de agua peptonada estéril (APT, Merk Darmstadt, Alemania) durante 1 min utilizando un homogenizador (IUL, Instruments, España). Para la incubación y el crecimiento de los microorganismos se utilizaron condiciones de temperatura y medios de cultivo específicos.

6.4.5.2 Marcha para la preparación de solución de Aloe vera

PASO 1

Se dejaron reposar las pencas de sábila 12 h en agua, para poder extraer el látex.

PASO 2

Se colocaron en un recipiente con 6 ml de Hipoclorito de sodio a 50 ppm diluido en 4 L agua por 5 min para desinfectar las pencas.

PASO 3

Se realizó el secado con toallas absorbentes para disminuir el exceso de agua.

PASO 4

Se cortaron los extremos y se extrajo la mayor parte de gel que posteriormente se licuó 1 min y se diluyó en las diferentes concentraciones con glicerol.

Concentración 1: 30 % de sábila y 70% de glicerol (30 ml y 70 ml respectivamente).

Concentración 2: 50 % de sábila y 50 % de glicerol (50 ml y 50 ml, respectivamente).

Concentración 3: 70 % de sábila y

6.4.5.3 Marcha para la preparación de Papayas

PASO 1

Después del recibimiento en planta de las papayas, se pasaron en agua al tiempo por 10 minutos para extraer el calor de campo que traían.

PASO 2

Se colocaron en un recipiente con 6 ml de Hipoclorito de sodio a 50 ppm diluido en 4 lt de agua por 5 min para su desinfección.

PASO 3

Después de su desinfección se dejaron reposando para secar y la humedad restante se secó con papel toalla.

PASO 4

Posteriormente se le aplicó a cada papaya su respectivo tratamiento y se dejaron secar a temperatura ambiente.

6.4.6 Potencial de Hidrógeno (pH):

Se evaluó una papaya de cada tratamiento cada dos días durante 8 días en todas las variables.

El pH se determinó a través de un potenciómetro marca WATERPROOF (figura 11) tomando 10g de muestra de jugo de papaya en un vaso de precipitación de 50 ml sobre la cual se hicieron mediciones. Previamente se calibró el medidor de pH. Y se tomaron dos lecturas por cada tratamiento, para calcular luego un promedio de cada uno de ellos.



Figura 11. Medición de variable pH

Fuente: elaboración propia

6.5 Diseño Estadístico

Para el análisis de los datos de las variables descritas previamente, se analizaron con métodos estadísticas descriptivos como: tablas de frecuencia, representaciones graficas con el propósito de identificar el comportamiento de los datos. Posteriormente los datos se analizaron con un diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) ya que las unidades experimentales son homogéneas y se encuentran distribuidas aleatoriamente en cada uno de los bloques (cuadro 6), con cuatro tratamientos donde el T₀ es el testigo, es decir no se aplicó gel de aloe vera, el tratamiento 1 es T₁ con una concentración de 30% de aloe vera diluido en 70 % de glicerol de grado alimenticio, el tratamiento 2 es el T₂ 50% de aloe vera diluido en 50% de glicerol y el tratamiento 3 es el T₃ con una concentración de 70% de aloe vera diluido en 30% de glicerol, con un numero de 4 repeticiones por tratamiento. Obteniéndose 16 unidades experimentales. El cálculo de muestra se obtuvo a través de la fórmula de muestra finita. El ensayo se realizó 2 veces con las mismas especificaciones. Con los datos obtenidos se realizó el análisis de varianza con el propósito de demostrar que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Previo al análisis de varianza se verificaron los supuestos del modelo los cuales son: 1. Distribución normal de los residuos. 2. Homogeneidad en las varianzas de los tratamientos 3. La independencia

Al cumplirse estos supuestos se inició el análisis de varianza por lo que no hubo necesidad de transformación de datos. Ya que los tratamientos resultaron estadísticamente significativos, cual se comprobó utilizando la prueba de comparación de medias LSD Fisher.

Cuadro 6. Diseño de Bloques de Tratamientos

Tratamientos	Códigos/ Porcentaje de Sábila y glicerol, respectivamente			
	0% de Sábila + 0% de glicerol			
0	T ₀₁	T ₀₂	T ₀₃	T ₀₄
	30% de Sábila + 70% de glicerol			
1	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄
	50% de Sábila + 50% de glicerol			
2	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃	T ₂₄
	70% de Sábila + 30% de glicerol			

3

T₃₁

T₃₂

T₃₃

T₃₄

Fuente: elaboración propia

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Efectos de los tratamientos en la pérdida de peso

En las papayas que se aplicaron los diferentes tratamientos, los porcentajes de pérdida de peso fueron menores en comparación al tratamiento testigo. Pues esta variable de peso está relacionada con la cantidad de agua interna que los frutos trasladan al ambiente como parte de su proceso físico. Los valores de peso en libras en las papayas presentaron diferencias significativas entre tratamientos al finalizar el ensayo. De las dosis de aplicaciones de recubrimiento comestible en papayas los tratamientos T₀ y el T₂ mostraron diferencias estadísticamente significativas con valores de 2.52 y 2.74 respectivamente, estos valores indicarían que el menor valor lo presenta el T₀ y el mayor valor lo presenta el T₂ (figura 12).

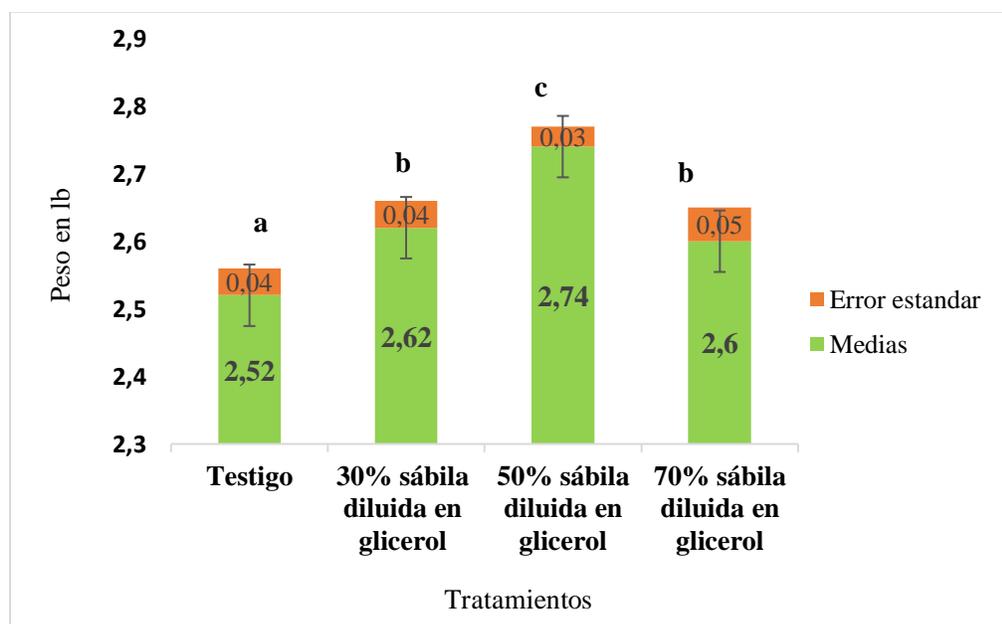


Figura 12. Peso medido en lb de papaya variedad *Tainung* tratada con recubrimiento comestible a base de sábila. Los datos indican medias (n=16) de 4 bloques \pm error estándar (E.E.). Medias con letras distintas indican diferencias significativas según prueba de LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

En estudios anteriores realizados por Gil (2010) se afirma que la papaya es una fruta climatérica, porque su respiración se acelera después de ser cosechada aumentando así la producción de etileno y al no tener ninguna barrera como el recubrimiento, el agua interna del fruto se traslada al ambiente y empieza a perder peso. En adición, Carmona (2001) sostiene que las frutas pierden

peso por la eliminación de agua, a través de rutas primarias tales como heridas, estomas y cutícula; esto concuerda con los datos obtenidos en la presente investigación lo cual se debe a que en el T₀ no encontró resistencia en el intercambio de gases por no tener ninguna aplicación del recubrimiento a base de sábila, además se estima que pérdidas de pesos mayores al 5% en frutos, indican que estos han perdido su calidad comercial y su posibilidad de consumo, así mismo la pérdida de agua intercelular es reemplazada por ósmosis con agua intracelular, proceso que provoca la marchitez y arrugamiento de los tejidos superficiales, tal como se muestra en el anexo 1 realizado a partir de los valores de peso en libras pasados a valores porcentuales.

7.2 Efecto de los tratamientos en el contenido de Sólidos solubles (°Brix)

El contenido de sólidos solubles muestra cambios significativos en el tratamiento testigo, indicando que como parte de su proceso natural continua su maduración. En comparación con el tratamiento dos en la gráfica, los valores de sólidos solubles en las papayas presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Siendo el tratamiento T₀ con un valor de 9.2 °Brix mayor que el resto de los tratamientos (anexo 2).

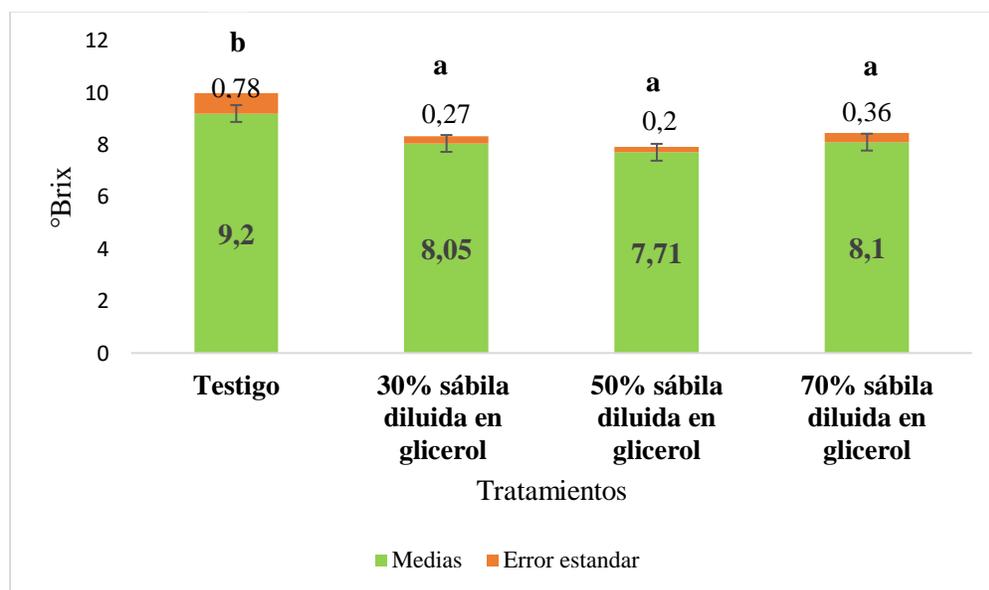


Figura 13. °Brix de papaya variedad *Tainung* tratada con recubrimiento comestible a base de sábila. Los datos indican medias (n=16) de 4 bloques ± error estándar (E.E.). Medias con letras distintas indican diferencias significativas según prueba de LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

De esta manera se encontró que el T₀ contiene mayor concentración de °Brix, indicando que hay

un incremento en el contenido de sólidos solubles (anexo 2); lo cual podría estar relacionada con el retraso de maduración en los frutos correspondientes T₁, T₂ y T₃, ya que según González, Cervantes y Carballo (2016) los recubrimientos comestibles ocasionan una barrera semipermeable alrededor de frutas y vegetales, modificando la atmósfera interna al reducir el O₂ y elevar el contenido de CO₂ suprimiendo la evolución del etileno. Por otra parte, Torres *et al.*, citado por Chacha (2016) afirma que el aumento de los sólidos solubles está relacionado con el cambio de la coloración de fruta ya que, para conseguir una coloración muy amarilla, se acelera la síntesis de estos compuestos como es notorio en la interpretación de colores que se hizo con las cartas de clasificación de color de Munsell.

Los sólidos solubles dependen e indican el grado de madurez en que se encuentran, esto lo manifiesta el color de las papayas con las que se trabajó durante toda la investigación, pues a medida las papayas fueron madurando, el viraje de color también fue notorio de verde a naranja. Concluyendo que el mejor tratamiento en cuanto a esta variable es el tratamiento dos.

7.3 Efecto de los tratamientos en la Acidez titulable

Los valores de acidez de las papayas en el tratamiento control, no fueron significativos, pero tuvieron una tendencia a aumentar con los días de almacenamiento (cuadro 7).

El T₂ presenta diferencias significativas en relación con el resto de los tratamientos en estudio. Sin embargo, los tratamientos 1 y 3 presentan los mismos valores, por lo que no se define bien cual de todos los tratamientos produce mejores efectos.

Cuadro 7. Acidez titulable en papaya variedad *Tainung* tratada con recubrimiento comestible a base de sábila. Los datos indican medias (n=16) de 4 bloques ± error estándar (E.E.).

Tratamientos	Bloques	Medias ± E.E
Testigo	4	0.11±0.02 a *
30% sábila diluida en glicerol	4	0.10 ±0.01 a
50% sábila diluida en glicerol	4	0.13±0.01 b
70% sábila diluida en glicerol	4	0.10 ±0.01 a

*Letras minúsculas distintas en cada fila indican diferencias significativas entre los tratamientos. Según prueba LSD de Fischer ($p \leq 0,05$).

Los valores de acidez de las papayas en el tratamiento control no fueron significativos, pero tuvieron una tendencia a aumentar con los días de almacenamiento, lo que concuerda con los resultados de Sañudo *et al.*, (2008) y Amaya (2010).

Esto se debe probablemente a la formación de ácido galacturónico, proveniente de la degradación de las pectinas, pues siendo el periodo de maduración de intensa actividad metabólica, los ácidos constituyen una excelente reserva energética del fruto a través de su oxidación en el ciclo de Krebs. Por lo tanto, la liberación de ácidos orgánicos de estas reacciones puede aumentar la acidez (Miranda A *et al.*, 2014)

Por lo que no para esta variable, no hay tratamiento que presente mejores condiciones.

7.4 Efecto de los tratamientos en la medición del Color

Se comparó el color de cada una de las papayas por tratamiento con el color de la carta en cada bloque y se llegó a las siguientes nomenclaturas (cuadro 8):

Cuadro 8. Nomenclaturas en medición de color con cartas e Albert Munsell

Tratamientos	Nomenclatura	Interpretación
Bloque 1	5YR; 6/10	Tono 5YR (amarillo-rojo); pureza 6; croma 10
Bloque 2	2.5GY; 7/10	Tono 2.5GY (verde-amarillo); pureza 7; croma 10
Bloque 3	7.5GY; 5/6	Tono 7.5GY (verde-amarillo); pureza 5; croma 6
Bloque 4	5Y; 7/10	Tono 5Y (amarillo); pureza 7; croma 10

Fuente: elaboración propia

5YR; 6/10

Este dato se interpreta como un color amarillo-rojo que está combinado por igual, es decir un color naranja, pero que la saturación del amarillo ya se acercando al eje de la oscuridad y el 10 de croma nos indica que es un naranja bien claro por lo que está más cerca del color rojo.

2.5GY; 7/10

El tono es un verde-amarillo, pero al ser 2.5, indica que ya no predomina el color verde, sino que más pronto a ser color amarillo. En cuanto al 7 de la pureza, indica que ha perdido saturación o su

color y se está convirtiendo en un verde con menos color. Y el 10 del croma, se interpreta con la luminosidad, es decir que está muy claro.

7.5GY; 5/6

Este dato indica que el tono es un verde-amarillo con un número de 7.5 es decir que predomina el verde, pero ya hay una combinación de amarillo; la pureza nos indica que tan puro es el color, por lo que, al tener un valor de 5, nos dice que se está acercando al gris dejando de ser verde y está perdiendo su color. El croma nos indica la luminosidad del color, un 6 se interpreta como un verde que se está aclarando o acercando al blanco.

5Y; 7/10

El color es amarillo. El 7 indica que ya no es tan puro, sino que ha perdido saturación o su color y se está convirtiendo en un amarillo con menos color. Y el 10 del croma, se interpreta con la luminosidad, es decir que está muy claro.

Las investigaciones sobre la clasificación del color con este sistema en frutas son escasas; sin embargo, Luna (2006) utilizó la carta de colores Munsell para clasificación de frutos en especies de cactáceas columnares en la región de la Mixteca Baja, México. Por lo tanto, el mejor tratamiento en esta variable lo presenta el tratamiento dos.

Cuadro 9. Viraje de color en papayas por tratamientos desde el día 1 al día 8

Testigo (T0)			
Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
			
Tratamiento 1 (T1)			
Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
			
Tratamiento 2 (T2)			
Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
			
Tratamiento 3 (T3)			
Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
			

Fuente: elaboración propia

7.5 Efecto de los tratamientos en la calidad microbiológica:

La importancia de la presencia de mohos y levaduras en los alimentos está dada por la capacidad de producir diferentes grados de deterioro y descomposición de los mismos. Además, producen metabolitos tóxicos conocidos como micotoxinas, compuestos estables que no se destruyen durante el procesamiento de alimentos (Chacha 2016).

Teniendo en cuenta que la calidad de la papaya y de otros productos agrícolas frescos, depende del manejo que se le da desde el cultivo, cosecha, postcosecha, hasta que llega al consumidor.

Se realizó un recuento de mohos y levaduras para analizar la capacidad de deterioro y descomposición en las papayas.

En la figura 10 se muestra las medias del conteo de Unidades Formadoras de Colonia (UFC) tomadas en dos tiempos diferentes, una en el día uno que fue el día del montaje de la investigación y de igual manera el análisis microbiológico realizado a las papayas en el último día de investigación (figura 14 complementado con el anexo 5), es decir en el día ocho.

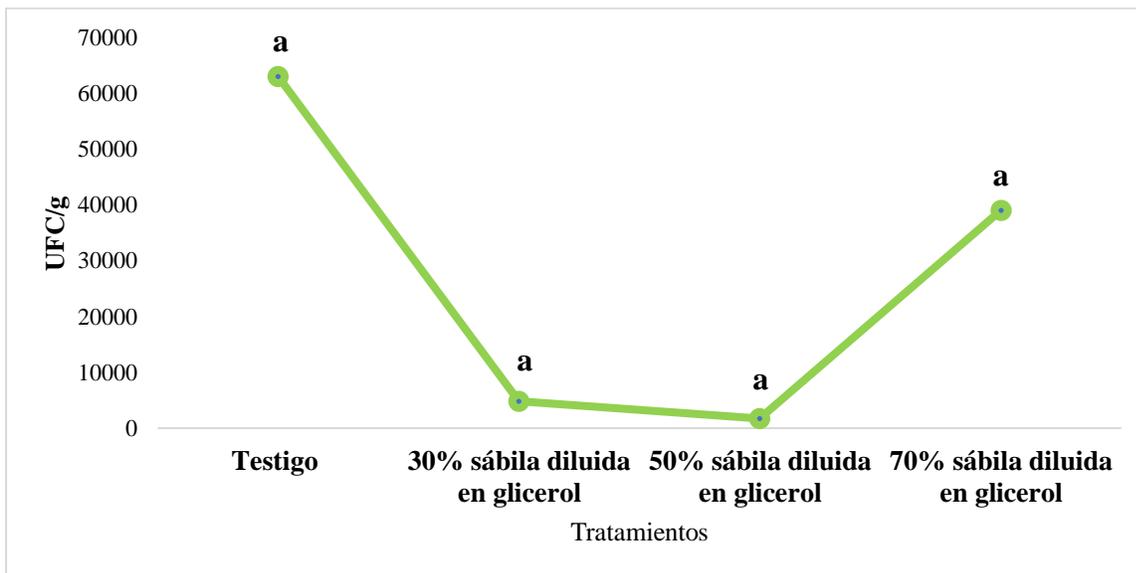


Figura 14. Medias de recuento de mohos y levaduras en papaya variedad *Tainung* tratada con recubrimiento comestible a base de sábila en día uno y día 8.

Tomando en cuenta que ya se habían realizado actividades de acondicionamiento, se observa que hay presencia de mohos y levaduras que sobrepasan los límites que sugiere Moragas y De Pablo (2013) entre 10^1 y 10^4 UFC/g en todos los tratamientos, sobresaliendo el T₀ y el T₃ con cantidades exorbitantes de UFC/g.

En este sentido, investigaciones previas realizadas por: Soares y Andrade (2006), en zanahorias mínimamente procesadas, Mali y Grossmann, (2003) en fresas y Han *et al.*, (2005), en frambuesas demostraron que este método es viable en el control del crecimiento microbiano y que pueden servir para mejorar la seguridad de los alimentos.

Una razón importante y de gran interés en el uso de estos compuestos naturales es que sirvan no solo como barrera microbiana sino como un medio de conservación, pues estos microorganismos producen micotoxinas que no se destruyen durante el procesamiento de los alimentos. Por lo que no hay un mejor tratamiento en cuanto a esta variable, pero si crecimiento en menores cantidades para el tratamiento dos.

7.6 Efecto de los tratamientos según su potencial de hidrógeno (pH)

El pH es conocido también como acidez activa, es considerado como la medida potenciométrica más importante utilizada en la industria agroalimentaria y sirve para cuantificar la concentración de H₃O⁺, existente en el zumo obtenido del licuado del fruto (Chacha 2016).

El pH de las papayas sometidas a los tratamientos presentó diferencias significativas, los tratamientos T₂ y el T₀ presentando valores de 4.80 y 5.20 respectivamente tal como se muestra en el cuadro 10 y se complementan en el anexo 6.

Cuadro 10. Medición de pH en papaya variedad *Tainung* tratada con recubrimiento comestible a base de sábila. Los datos indican medias (n=16) de 4 bloques ± error estándar (E.E.).

Tratamientos	Bloques	Medias ± E.E
Testigo	4	5.20±0.04 a *
30% sábila diluida en glicerol	4	4.98 ±0.02 b
50% sábila diluida en glicerol	4	4.80 ±0.04 b
70% sábila diluida en glicerol	4	5.05 ±0.06 c

*Letras minúsculas distintas en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos. Según prueba LSD de Fischer (p≤ 0,05).

En relación con lo anteriormente descrito, Torres *et al.*, citado por Chacha (2016) menciona que, al incrementarse el estado de madurez, los ácidos orgánicos son transformados a azúcares, produciendo un aumento de pH y una disminución de la acidez.

Estadísticamente, esto se debe a que el proceso de maduración en las muestras del T₀ fue mayor porque no tenía aplicado ningún recubrimiento y las estructuras de intercambio gaseoso funcionaron sin ningún obstáculo, permitiendo una tasa de respiración más rápida.

8. CONCLUSIONES

El recubrimiento comestible con adición de sábila es una estrategia de conservación prometedora para retardar los procesos metabólicos en la papaya. Pues en cuanto a las variables, pérdida de peso, ph, °brix y color se logró retardar su progreso en la maduración en el tratamiento dos en comparación al tratamiento testigo. Diferente de las variables acidez titulable y calidad microbiológica, que no se encontró diferencias estadísticas.

Se debe tener control de la temperatura, es importante para el almacenamiento de papaya ya que su metabolismo es afectado por los cambios que esta produce sobre todo en su tasa de respiración.

Fundamentalmente se debe tener control sobre las actividades de acondicionamiento durante la investigación, pues en el caso del recuento de mohos y levaduras hubo presencia de dichos microorganismos desde el inicio del ensayo en todos los tratamientos, en el tratamiento testigo más que en los otros, pero todos presentaron cantidades exorbitantes de colonias.

Por medio de la siguiente investigación se establece que el recubrimiento a base de gel de aloe, prolonga el tiempo de madurez comercial en frutos de papaya hasta tres días con respecto a frutos no tratados.

9. RECOMENDACIONES

Es necesario tener control de la temperatura y humedad relativa en la etapa de almacenamiento pues no todas las frutas pueden ser almacenadas a las mismas temperaturas, para evitar que la respiración de las papayas se acelere, se deshidraten y pierdan peso y que duren menos tiempo.

Realizar etapas de acondicionamiento orientadas a disminuir el crecimiento bacteriano desde el inicio de la investigación.

Cosechar las papayas en grados de madurez de consumo, pues por su climaterio si se cosecha en etapas anticipadas, el recubrimiento no causaría el efecto esperado.

Debido a la importancia que tienen el estudio de los recubrimientos comestibles naturales en frutas para mantener la calidad postcosecha es necesario hacer estudios más profundos a nivel de tesis, maestría o doctorado.

Combinar la concentración del tratamiento dos, es decir 50% de sábila diluido en 50% de glicerol con bajas temperaturas de almacenamiento para obtener mejores resultados en tiempo de prolongación de vida en anaquel.

10. BIBLIOGRAFIA

Acosta Ramos, M., et al 2001. Calidad y tolerancia en frutos de papaya (*Carica papaya L.*) a la inoculación del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., en postcosecha. Consultado 24 mar. 2022. Disponible en

<https://pdfs.semanticscholar.org/7e0c/504f1ddf22d4c809c332ef40b95628273631.pdf>.

Almeida Castro, A, et al 2011. Estudio de la conservación de la papaya (*Carica papaya L.*) asociado a la aplicación de películas comestibles (en línea). Consultado 28 mar. 2022. Disponible en <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/719/1/EstudioConservacionPapaya.pdf>

Carmona Villalobos, G 2001. Rol de la temperatura en el almacenamiento de productos frescos (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 4 oct. 2021. Disponible en <https://www.virtualpro.co/biblioteca/rol-de-la-temperatura-en-el-almacenamiento-de-productos-frescos>

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova"). Cultivo de papaya (*Carica papaya L.*) Guía técnica 2018 (en línea). El Salvador. Consultado 28 de nov. 2021. Disponible en http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20Centa_Papaya%202019.pdf

Chacha Curillo, CE 2016. Utilización de tres tipos de recubrimientos comestibles en la conservación postcosecha de *Carica papaya L.* (PAPAYA) (en línea). Tesis Ing Ind. Pec. Chimborazo, Ecuador, ESPC. Consultado 18 feb. 2022. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6077>

Durango, AM, Soares, NF y Andrade, NJ. 2006. Evaluación microbiológica de un recubrimiento antimicrobiano comestible en zanahorias mínimamente procesadas (en línea). Consultado 11 abr. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.10.024>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2007. Manual

de manejo postcosecha de frutas tropicales (en línea). Consultado 18 dic. 2021. Disponible en <https://www.fao.org/3/ac304s/ac304s.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2015. Pérdidas y Desperdicios Alimentarios en América Y el Caribe (en línea). Consultado 10 ene. 2022. Disponible en <https://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/239393/>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2017 (en línea). Consultado 23 feb. 2022. Disponible en <http://www.fao.org/home/es/>

FUSADES, Productos a base de aloe vera, 2019 (en línea) Antiguo Cuscatlán, El Salvador. Consultado 20 nov. 2022. Disponible en https://fusades.org/publicaciones/Aloe_Vera_2019.pdf

García Mera, GA, Salas Macías CA y Canales Torres, HG 2017. Recubrimiento comestible natural con base en Aloe vera como estrategia de conservación de *Psidium guajava* (en línea). Colombia. Consultado 3 dic. 2021. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/cient/n30/2344-8350-cient-30-00224.pdf>

García Muñoz, MC y Rodríguez Borray, GA 2017. Manejo de cosecha y poscosecha de papaya (en línea). Mosquera, Colombia. Consultado 9 dic. 2021. Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/fa2d/94c6faeb402874f9dbb5dc5a88d6832a917c.pdf>

Gil, A. 2010. Composición y calidad nutritiva de los alimentos (en línea). Ed. 2da Ed. Madrid, España. Consultado 19 oct. 2021. Disponible en <https://www.medicapanamericana.com/es/libro/tratado-de-nutricion-tomo-2>

González, R., Cervantes, Y, y Caraballo, L. 2016. Conservación de la guayaba (*Psidium guajava* L.) en postcosecha mediante un recubrimiento comestible binario (en línea). Consultado 10 nov. 2021. Disponible en <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/891/996>.

Han, C et al 2005. Evaluación sensorial de fresas frescas (*Fragaria ananassa*) recubiertas con recubrimiento comestible a base de quitosano (en línea). Consultado 3 abr. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb07153.x>

Huila Anaya PA, 2010. Alternativas de utilización de sábila (*Aloe vera Sp*) en la industria de alimentos de Colombia, en el periodo de 2000-2009 (en línea). Tesis Ing. Ali. Popayán, Colombia. Consultado 17 feb. 2022. Disponible en https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/46317/1/2022_alternativas_utilizacion_sabila.pdf.

INIVIT (Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales) 2008. Instructivo técnico del cultivo de la fruta bomba (en línea). Consultado 5 ene. 2022. Disponible en <https://docplayer.es/37870373-Instructivo-tecnico-del-cultivo-de-la-fruta-bomba.html>

Jimenes Trujillo, AM. 2017. Recubrimiento comestible a base de Aloe vera (*Aloe barbadensis miller*) para papaya (*Carica papaya*) y Guayaba (*Psidium guajava*) como alimentos de IV gama. Tesis doctoral (en línea). Consultado: 20 nov. 2021. Disponible en <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6455>

Lucas Aguirre JC, Velásquez Herrera JD y Montoya López J. 2016. Evaluación de las pérdidas de poscosecha en papaya (Carica papaya) variedad Maradol (en línea). Consultado 15 abr. 2022. Disponible en <https://1library.co/title/evaluacion-de-perdidas-poscosecha-en-papaya-maradol-carica-papaya-cv-maradol>

Luna Morales, C. 2006. Clasificación y ordenamiento morfológico de los frutos en cultivares variantes de pitahaya (*Selenicereus undatus*) (en línea). Consultado 15 abr. 2022. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/314483192_Clasificacion_y_ordenacion_morfologica_del_fruto_de_variantes_cultivadas_de_pitaya_Stenocereus_pruinosus_Otto_Buxb_en_la_Mixteca_a_Baja_Mexico

Martínez A, et al., 2005. Creación de un modelo de sistemas de información geográficos (SIG) para una finca, caso Campo experimental y de prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas (en línea). San Salvador, El Salvador. Consultado 27 feb. 2022. Disponible en

Mali, S y Grossmann, MV. 2003. Efectos de las películas de almidón de ñame sobre la capacidad de almacenamiento y la calidad de las fresas frescas (*Fragaria ananassa*) (en línea). Consultado 6 abr. 2022. Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14611162/>

Miranda A *et al.*, 2014. Efectos de dos recubrimientos sobre la calidad de la papaya (Caricia papaya) variedad *Tainung* (en línea). Consultado 5 abr. 2022. Disponible en <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/721>

Moloch Flores, LV y Orbegoso Moreno, LC. 2016. Evaluación del efecto de un recubrimiento a base de sábila (*Aloe vera*) y aceite esencial de canela (*Cinnamomun verum*) en el tiempo de vida útil del tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) roma (en línea). Tesis Ing. Agr. Ind. Lambayeque, Perú. USS. Consultado 25 mar. 2022. Disponible en <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/3943>

Pérez, A, Aristizábal, I y Restrepo, J 2016. Conservación de Mango Tommy atkins mínimamente procesado mediante la aplicación de un recubrimiento de Aloe vera (*Aloe barbandensis miller*) (en línea). Medellín, Colombia. Consultado 18 mar. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169848572007.pdf>

Pérez Cabrera, LE. 2003. Aplicación de métodos combinados para el control del desarrollo del perdeamiento enzimático en pera (variedad *BLANQUILLA*) mínimamente procesada. (en línea). Valencia, España, UPV. Consultado 2 sep. 2021. Disponible en <https://www.semanticscholar.org/paper/Aplicaci%C3%B3n-de-m%C3%A9todos-combinados-para-el-control-en-Cabrera-Eugenia/c149ddbc37c6e372219914327709fa305df66f0f>

Quintero Cerón, JP, Falguera Pascual, V, y Muñoz Hernández, JA. 2010. Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola (en

línea). Ibagué, Colombia. Consultado 25 sep. 2021. Disponible en <http://revistas.ut.edu.co/index.php/tumbaga/article/view/59/59>

Restrepo, J. y Aristizábal, I. 2010. Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. *Camarosa*) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y cera de carnauba (en línea). Medellín, Colombia. UdeA. Consultado 11 ago. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/256079948_Restrepo_J_Aristizabal_I_Conservacion_d_e_fresa_Fragaria_x_ananassa_Duch_cv_Camarosa_mediante_la_aplicacion_de_recubrimientos_comestibles_de_gel_mucilaginoso_de_penca_sabila_Aloe_barbadensis_Miller_y_c

Rubio Tinajero, SR, Sáenz Pérez, CA y Hernández Osorio, E 2020. Sábila (*Aloe vera*): propiedades, usos y problemas (en línea). Nuevo León, México. Consultado 15 feb. 2022. Disponible en <https://cienciauanl.uanl.mx/?p=9681>

Sañudo Barajas, J et al 2008. Control de la maduración en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) con 1- metilciclopropeno y ácido 2- cloroetil fosfónico (en línea). Consultado 10 ene. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/610/61031207.pdf>

Ulloa, JA 2007. Frutas auto estabilizadas en el envase por la tecnología de obstáculos (en línea). Nayarit, México. Consultado 8 ene. 2022. Disponible en <https://www.worldcat.org/es/title/frutas-auto-estabilizadas-en-el-envase-por-la-tecnologia-de-obstaculos/oclc/189783205>

Vega GA, et al. 2005. El Aloe vera (*Aloe barbadensis miller*) como componente de alimentos funcionales (en línea). Consultado 10 nov. 2021. Disponible en https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182005000300005&script=sci_abstract

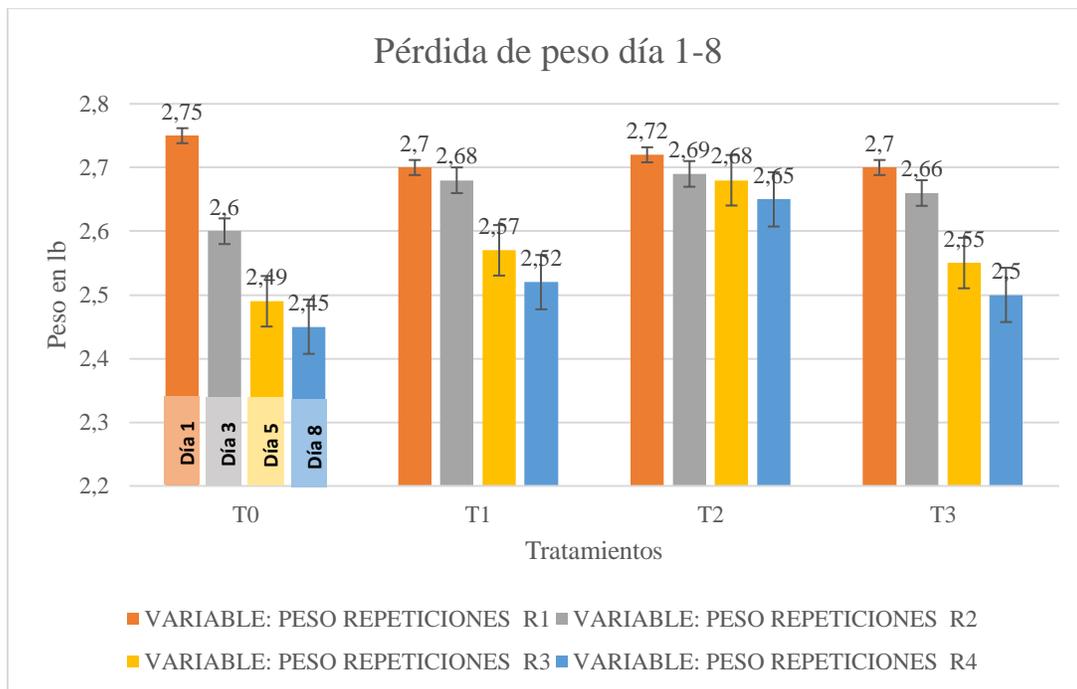
11. ANEXOS

Anexo cuadro A1. Descripción porcentual de pérdida de peso en frutos de papayas

Tratamiento	Porcentaje
Testigo	7.6%
Tratamiento 1	6.6%
Tratamiento 2	1.3%
Tratamiento 3	7.4%

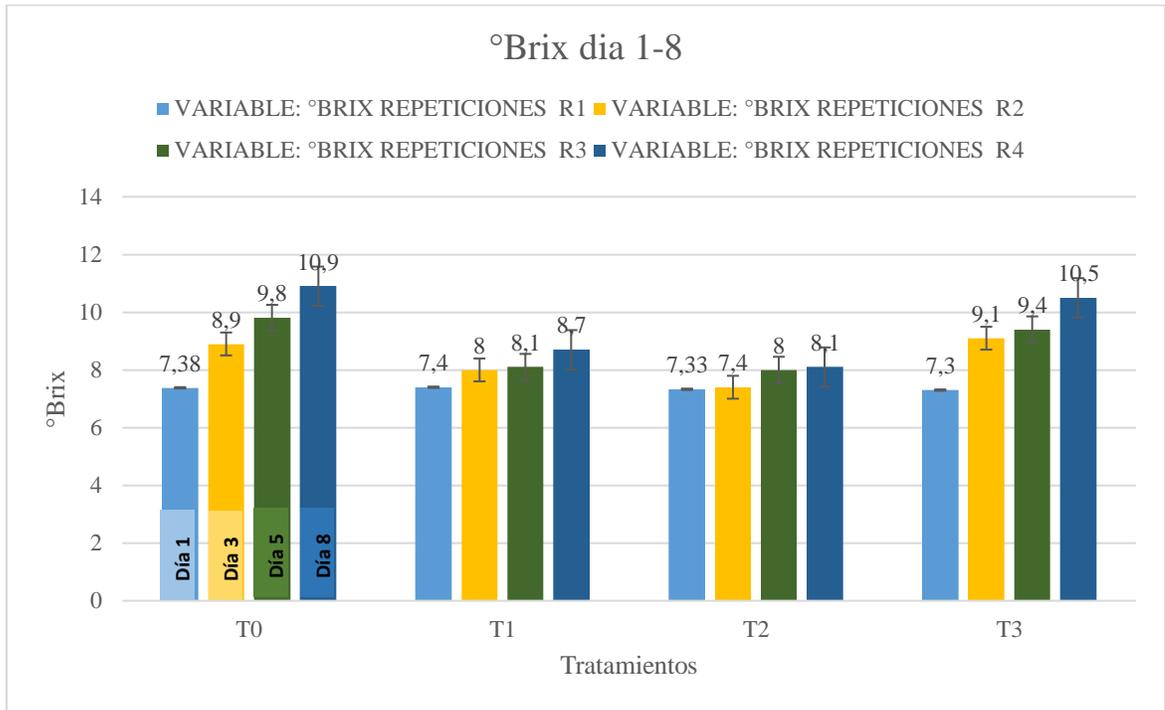
Fuente: elaboración propia

Anexo figura A2. Gráfica descriptiva de pérdida de peso por día de toma de datos



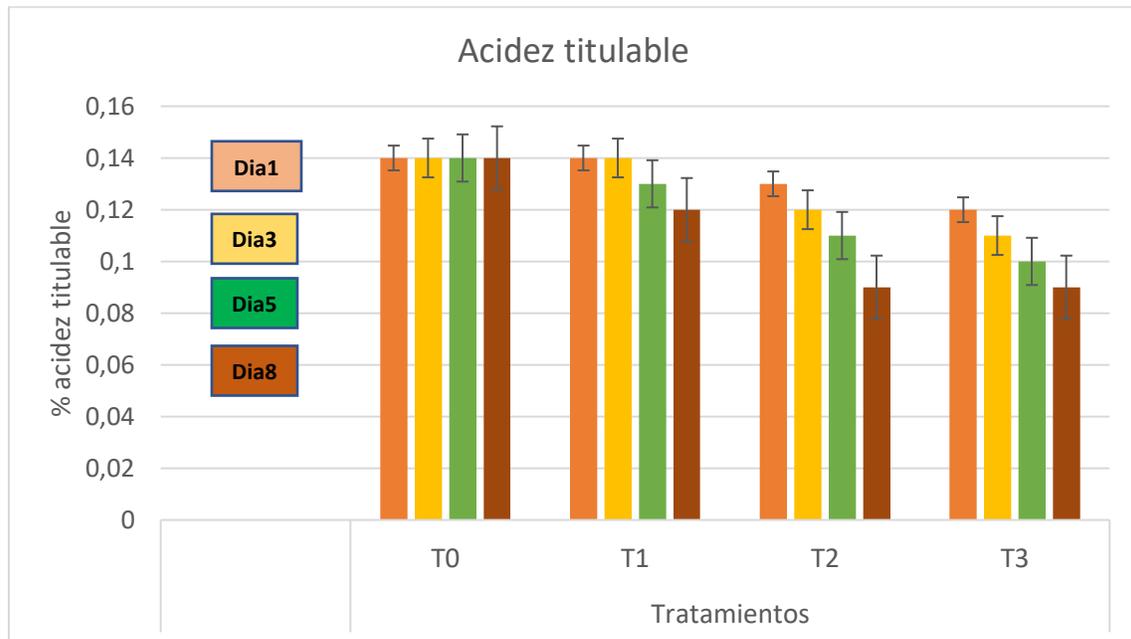
Fuente: elaboración propia

Anexo figura A3. Gráfica de °Brix por día de toma de datos



Fuente: elaboración propia

Anexo figura A4. Gráfica de acidez titulable por día de toma de datos



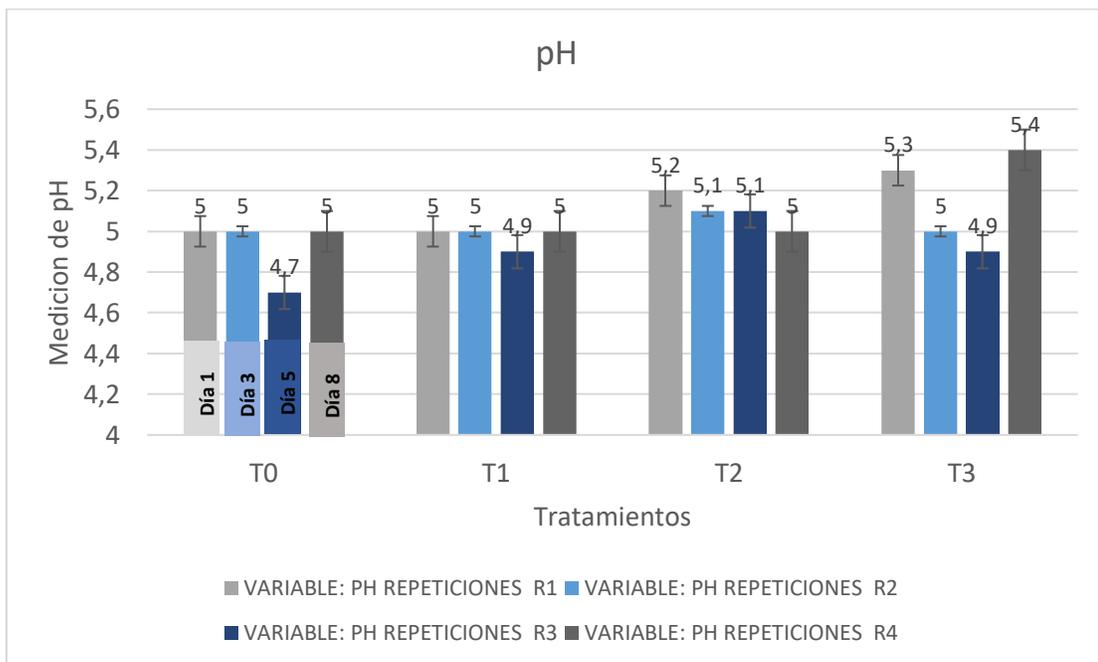
Fuente: elaboración propia

Anexo cuadro A5. Cuadro descriptivo de conteo de UFC/g en el día 1 y el día 8

Calidad microbiológica		
	día 1	día 8
Tratamientos	UFC/g	UFC/g
Testigo	720	348,000
30% sábila diluida en glicerol	250	16,700
50% sábila diluida en glicerol	450	5,100
70% sábila diluida en glicerol	549	224,000

Fuente: elaboración propia

Anexo figura A6. Grafica de medición de pH por día de toma de datos



Fuente: elaboración propia

Anexo figura A7. Fotografías del montaje de la investigación y otras



Lavado y desinfección de área de trabajo para el montaje de la investigación.



Reposo de papayas en agua a temperatura de 30°C por 10 minutos para extraer calor de campo.



Lavado y desinfección de papayas y pencas de sábila.



Extracción de sábila.



Licudo de sábila para diluir en glicerol



Pesado de glicerol de grado alimenticio



Mezclado de sábila con glicerol para los diferentes tratamientos



Aplicación de los diferentes tratamientos en papayas.



Resultado inicial de papayas con recubrimiento comestible a base de sábila día 1.



Resultado final de papayas con recubrimiento comestible a base de sábila día 8.

