

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



**Estudio comparativo de tres variedades de chíá (*Salvia hispánica*) en la producción de recubrimientos comestibles
Sobre frutos**

Por:

BENITO TEODULO ROSALES MILLAN

Tesis

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
Buenvista, Saltillo, Coahuila, México

Octubre de 2015

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Estudio comparativo de tres variedades de chíá (*Salvia hispánica*) en la producción de recubrimientos comestibles sobre frutos

Presentado Por:

BENITO TEODULO ROSALES MILLAN

Tesis

Que se Somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

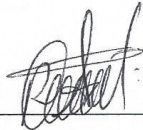
En virtud de haber cumplido íntegramente los requisitos del comité de tesis

El presente trabajo ha sido evaluado y aprobado por el siguiente comité



Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez

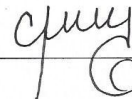
Presidente



Dr. Armando Robledo Olivo

Vocal





M.C. Gustavo López-Guarín

Vocal



Dr. José Dueñez Alanís

COORDINADOR DE LA DIVISION DE CIENCIA ANIMAL



BUENAVITA SALTILLO, COAHUILA, MEXICO OCTUBRE DE 2015

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Estudio comparativo de tres variedades de chíá (*Salvia hispánica*) en
la producción de recubrimientos comestibles sobre frutos

Presentado Por:

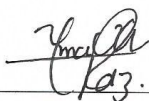
BENITO TEODULO ROSALES MILLAN

Tesis

Que se Somete a Consideración del H. Comité de Tesis Como
Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

El Presente trabajo ha sido dirigido por el siguiente comité:




Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez

Director



M.C. Laura Maricela Lara López

Asesor



M.C. Gustavo López Guarín

Asesor externo

"QUE TU ALIMENTACION
SEA TU PRIMERA
MEDICINA"
HIPOCRATES

PRIMER MEDICO DEL MUNDO CONOCIDO (400 AÑOS A.C)

Ponerse en movimiento es importante, pero lo
Más importante es mantener el entusiasmo inicial,
Persistir y no rendirse a pesar de las dificultades.
Porque vamos a tener tropiezos. La clave no está en
No caerse sino en saber levantarse y continuar.

Paulo Coelho

Agradecimientos

Fueron muchos los momentos vívidos a lo largo de este trayecto, pero afortunadamente hoy se presta la oportunidad y me puedo sentar a escribir la parte más importante y personal de este trabajo: los agradecimientos a todos aquellos quienes de una manera u otra me ayudaron a alcanzar esta meta.

En primer lugar, a mi "Alma Mater" por haberme dado algo tan valioso en la vida que fue la sabiduría, fueron tantos los momentos vívidos a lo largo de este gran camino lleno de tropiezos y triunfos en esta magnífica casa de estudios que me hicieron formarme como persona y profesionista de lo cual le estaré eternamente agradecido, son muchas las personas especiales que me gustaría agradecer las cuales me brindaron su apoyo incondicional y su amistad en cada una de las etapas de mi vida en esta gloriosa Antonio narro.

Agradezco a Dios por cuidar de mí y hacerme una persona fuerte ante los obstáculos de la vida, haberme dado salud en el transcurso de esta instancia por darme la fuerza para cumplir mis metas y objetivos en gran parte por haberme dado la familia hermosa que tengo, por hacerme una persona de bien muy feliz y sobre todo con gran éxito.

Quiero expresar mi agradecimiento a la **DRA. Verónica Charles Rodríguez** por haberme permitido de nuevo trabajar con ella en este proyecto del cual me siento muy orgulloso de haber formado parte, agradezco infinitamente sus enseñanzas, sus experiencias, sus consejos, su disposición, su paciencia, su confianza y sobre todo su amistad, sin usted no habría podido lograr éste triunfo tan importante en mi vida como profesional, Gracias por sus conocimientos brindados.

A la **LCN Laura maricela Lara López** por su asesoría en el desempeño del mismo muchas gracias por su paciencia y disposición para la realización de este trabajo, porque sin su apoyo habría sido difícil terminar con éxito este proyecto. Pero sobre todo gracias por su amistad brindada y Gran paciencia en todo momento. Gracias por no aburrirme con unos cuantos kilos de frutitas, por estar siempre allí en los momentos más cruciales de los experimentos y gracias por esas ideas maravillosas....

Gracias a todos los técnicos de laboratorio quienes me ayudaron y socorrieron en momentos de angustia en especial a **T.L.@ Carlos Arévalo Sanmiguel** y Magda.

A mis asesores **M.C Gustavo López Quarín** y los ya mencionados anteriormente a todos y cada uno de los doctores y compañeros que me brindaron siempre apoyo y compartieron conmigo sus conocimientos, experiencias o simplemente una sonrisa.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por las facilidades para llevar a cabo la experimentación.

De igual forma mi agradecimiento al cuerpo de trabajo del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, al **Dr. Antonio Aguilera Carbón**, al **Químico Oscar Noé Reboloso Padilla, MC. Laura fuentes Olivia** y la **MC Xóchitl Ruelas Chacón** por que compartieron sus conocimientos. Durante mi estancia en la universidad y sus valiosas enseñanzas.

Gracias también a mis compañeros del laboratorio, que me han guiado y apoyado en todo momento con una gran sonrisa, gracias por animarme y aguantarme; en especial a **Pily y Beto**, gracias por su valioso tiempo que me regalaron.

Porque aunque mi paso por allí fue realmente corto, con ustedes viví muy buenos momentos. Gracias a **Tommy, Lidia, Ismael y Jessica** mis amigos de la carrera. Gracias por apoyarme cuando decidí continuar mis estudios lejos de casa, gracias por recibirme con tanto cariño y gracias por seguir estando allí.

Mamá, gracias también a ti por apoyarme en todo. Por estar siempre allí pendiente de mí, por tus constantes llamadas, por preocuparte por mí, por tu cariño y comprensión. Gracias por estar aquí al final del camino.

Papá, muchísimas gracias por haber confiado en mí. Gracias por apoyarme desde el primer momento que decidí salir de mi casa y venir hacia el norte del país, gracias por tus palabras de aliento, consejos y recomendaciones a lo largo de todos estos años, y especialmente por todo tu cariño.

También gracias al resto de mi familia: a mi tío **Domínguez**. A mi primo **José** por estar siempre distrayéndome y quitándome el tiempo con sus mensajes del WhatsApp. Especialmente a mi padrino **Eduardo Mendieta Pérez** por siempre estar al pendiente de mí con su apoyo moral y económico por sus consejos que me ha brindado a lo largo de mis estudios y trayecto profesional.

Definitivamente hay personas que llegan a nuestras vidas, nos dejan una huella y se marchan, pero hay otras que se quedan con nosotros eternamente.... **Lily y Axel** por no interponerte nunca a mis deseos de marcharme a estudiar a otro estado, por apoyarme siempre y animarme en los momentos de flaqueza, por ser incondicionales, por soportarme y por quererme como el primer día, un millón de gracias.

Y como olvidarme de las personas que aun sin conocerlas te brindaron cariño, comprensión, ayuda mutua y sobre todo su amistad incondicional a mis amigos **Osman, Alejandrina, chino y Fabio Cruz**

De igual manera quiero dar gracias a una persona que por su edad y fuerza para luchar día a día a pesar del tiempo transcurrido la respeto y valoro mucho y me a dado su apoyo moral para concluir esta etapa de mi vida al señor **Tiburcio Flores**.

Sergio Ruben Jardon Moreno Gracias por estar como un hermano para mí cuando te necesitaba en las actividades y trabajos en los que me pudiste apoyar y porque si tu situación hubiese sido diferente hubieses estudiado y le hubieras echado muchas ganas gracias por tu apoyo moral y por la motivación que me as incitado en el tiempo de este experimento.

Dedicatorias

Con todo amor, cariño y admiración, a mis padres:

Sra. Marina Millán Montero

Sr. Remigio Rosales Vázquez

A tan maravillosas personas les dedico este sencillo trabajo, con todo cariño, amor y admiración por haberme dado la vida y por brindarme la confianza, comprensión, paciencia, fe, amor y el apoyo cuando decidí alejarme del manto familiar, para permitirme realizar este sueño que después de caídas y tropezones e culminado les estaré eternamente agradecido a mis queridos padres, los regaños y llamadas

de atención pero sobre todo los tan valiosos consejos que me dieron que siempre fueron necesarias y oportunos para saber salir adelante en varias ocasiones, los amo!!!!

A mis suegros

Quiénes me han aceptado en su familia como un hijo más siempre han estado ahí ayudándome en todo momento a ellos mi respeto y cariño a **Concepción Mejía Cerón** y **Juan Flores**.

A mi esposa **Lilían Yareth Flores Mejía** gracias por tu amor, respeto, confianza, paciencia y motivación por ser una persona muy importante en mi vida por tu apoyo incondicional, constante para cumplir esta meta animarme y ayudarme a no desistir en momentos difíciles, Eres lo mejor que me ha pasado.

A mi hijo **Axel Yahír Rosales Flores** porque tú eres mi motorcito para lograr día a día mis objetivos y cumplir mis metas, los amo.

INDICE GENERAL

| | pág. |
|---|------|
| Resumen..... | XIV |
| 1. Introducción..... | 1 |
| 1.1 Antecedentes..... | 1 |
| 1.2 Justificación..... | 3 |
| 1.3 Hipótesis..... | 4 |
| 1.4 Objetivos..... | 5 |
| 2. Revisión de literatura..... | 6 |
| 2.1 Chía..... | 6 |
| 2.2 Generalidades..... | 6 |
| 2.3 Taxonomía..... | 7 |
| 2.4 Especies variedades..... | 8 |
| 2.5 Lugar de cultivo..... | 9 |
| 2.6 Composición química..... | 10 |
| 2.7 Usos y propiedades..... | 10 |
| 2.8 Películas o recubrimientos comestibles..... | 12 |
| 2.9 Generalidades..... | 13 |

| | | |
|----------|--|---------|
| 2.10 | Composición química..... | 15 |
| 2.11 | Lípidos..... | 16 |
| 2.11.1 | Ceras..... | 17 |
| 2.11.2 | Ventajas del uso de ceras..... | 17 |
| 2.11.3 | Tipos de ceras..... | 17 |
| 2.11.3.1 | Ceras de abeja..... | 18 |
| 2.11.3.2 | Ceras de carnauba..... | 19 |
| 2.11.3.3 | Cera de candelilla..... | 19 |
| 2.12 | Carbohidratos..... | 20 |
| 2.12.1 | Almidón..... | 20 |
| 2.12.2 | Alginatos..... | 20 |
| 2.12.3 | Carragenatos..... | 21 |
| 2.12.4 | Pectinas..... | 21 |
| 2.12.5 | Quitosan..... | 21 |
| 2.13 | Proteínas..... | 21 |
| 2.13.1 | Caseína..... | 22 |
| 2.13.2 | Proteínas aisladas de suero lácteo..... | 22 |
| 2.13.3 | Colágeno..... | 22 |
| 2.13.4 | Zeína..... | 22 |
| 2.13.5 | Gluten de trigo..... | 23 |
| 2.14 | Mezclas o sistemas multicomponentes..... | 23 |
| 2.15 | Plastificantes..... | 23 |
| 2.16 | Tecnologías para la aplicación de RC y PC..... | 24 |
| 2.16.1 | Inmersión..... | 24 |
| 2.16.2 | Spray dried..... | 24 |
| 2.16.3 | Casting..... | 24 |
| 2.17 | Principales propiedades de PC y RC..... | 25 |
| 2.17.1 | Propiedades de barreras..... | 25 |
| 2.17.2 | Propiedades mecánicas..... | 26 |
| 2.17.3 | Propiedades físicas..... | 26 |
| 2.17.4 | Propiedades ópticas..... | 27 |
| 2.17.5 | Propiedades de solubilidad..... | 27 |
| 2.17.6 | Propiedades de espesor..... | 27 |
| 2.17.7 | Trasporte de aditivos..... | 27 |
| 2.17.8 | Permeabilidad..... | 28 |
| 3. | Materiales y métodos..... | 28 |
| 3.1 | Materia prima..... | 28 |
| 3.2 | Producción de mucilago de chíá..... | 28 |
| 3.3 | Elaboración de recubrimientos comestibles..... | 29 |
| 3.3.1 | Elaboración de recubrimientos empleando mucilago de <i>salvia hispánica</i> de variedades..... | 3 29 |
| 3.4 | Material biológicos..... | 29 |

| | |
|--|----|
| 3.4.1 Siembra en PDA para activar nuevamente el hongo..... | 29 |
| 3.4.2 Conteo de esporas..... | 29 |
| 3.4.3 Inoculo..... | 30 |
| 3.4.4 Tratamientos..... | 30 |
| 3.5 Caracterización de los recubrimientos comestibles..... | 30 |
| 3.5.1 Color..... | 30 |
| 3.5.2 Pérdida de peso..... | 31 |
| 3.5.3 Grados brix..... | 31 |
| 3.5.4 Determinación de la calidad de la semilla de chía..... | 31 |
| 3.6 Variedades de chía..... | 32 |
| 3.7 Frutos..... | 32 |
| 4. Resultados y discusiones..... | 33 |
| 4.1 Determinación de la calidad de la semilla de chía..... | 33 |
| 4.2 Grados brix..... | 34 |
| 4.2.1 <i>Salvia hispánica blanca</i> | 34 |
| 4.2.2 <i>Salvia hispánica café</i> | 36 |
| 4.2.3 <i>Salvia hispánica negra</i> | 39 |
| 4.3 Pérdida de peso..... | 42 |
| 4.3.1 <i>Salvia hispánica blanca</i> | 42 |
| 4.3.2 <i>Salvia hispánica café</i> | 45 |
| 4.3.3 <i>Salvia hispánica negra</i> | 48 |
| 4.4 Color..... | 51 |
| 4.4.1 <i>Salvia hispánica blanca (A)</i> | 51 |
| 4.5 Apariencia..... | 54 |
| 4.5.1 <i>Salvia hispánica blanca</i> | 55 |
| 4.5.2 <i>Salvia hispánica café</i> | 56 |
| 4.5.3 <i>Salvia hispánica negra</i> | 57 |
| 5 Conclusiones..... | 58 |
| 6 Referencias bibliográficas..... | 59 |

INDICE DE CUADROS

| | Pág. |
|---|------|
| 1. clasificación taxonómica de <i>salvia hispánica</i> | 7 |
| 2. Contenido de aceites y composición de los ácidos Grasos de semilla comerciales de chía provenientes de Cinco países..... | 15 |
| 3. Composición nutricional de la semilla de <i>salvia hispánica</i> L..... | 16 |
| 4. Composición química de la cera de la cera de abeja..... | 18 |
| 5. Composición de la cera de <i>Euphorbia antisypholica</i> zucc..... | 19 |

| | | |
|----|--|----|
| 6. | Determinación del color de manzanas..... | 52 |
| 7. | Determinación del color de uvas..... | 53 |
| 8. | Determinación de color en jitomates..... | 54 |

INDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| 1. Planta de chía (<i>salvia hispánica L</i>)..... | 8 |
| 2. Dispersión del cultivo de chía..... | 9 |
| 3. Mucilago de semilla de <i>salvia hispánica</i> extraído Por centrifugación..... | 29 |
| 4. Colorímetro konica Minolta Modelo CR-400..... | 31 |
| 5. Determinación de grado de calidad de 3 variedades De chía..... | 32 |
| 6. Determinación de la calidad de la semilla de <i>S. Hispánica</i> blanca (A), café (B) y negra (C) para la producción de mucilago..... | 33 |
| 7. Determinación de ° brix en manzana..... | 34 |
| 8. Determinación de ° brix en uva..... | 35 |
| 9. Determinación de ° brix en jitomate..... | 36 |
| 10. Determinación de ° brix en manzana..... | 37 |
| 11. Determinación de ° brix en uva..... | 38 |

| | |
|--|----|
| 12. Determinación de ° brix en jitomate..... | 39 |
| 13. Determinación de ° brix en manzana..... | 40 |
| 14. Determinación de ° brix en uva..... | 41 |
| 15. Determinación de ° brix en jitomate..... | 42 |
| 16. pérdida de peso en tratamientos en manzana..... | 43 |
| 17. pérdida de peso en tratamientos en uva..... | 44 |
| 18. pérdida de peso en tratamientos en jitomate..... | 45 |
| 19. pérdida de peso en tratamientos en manzana..... | 46 |
| 20. pérdida de peso en tratamientos en uva..... | 47 |
| 21. pérdida de peso en tratamientos en jitomate..... | 48 |
| 22. pérdida de peso en tratamientos en manzana..... | 49 |
| 23. pérdida de peso en tratamientos en uva..... | 50 |
| 24. pérdida de peso en tratamientos en jitomate..... | 51 |
| 25. apariencia de tratamientos A..... | 56 |
| 26. apariencia de tratamientos B..... | 57 |
| 27. apariencia de tratamientos C..... | 58 |

RESUMEN

Hoy en día existe una fuerte demanda sobre alimentos más sanos y elaborados a partir de fuentes naturales, como consecuencia esto ha conducido al desarrollo de tecnologías que prolonguen la vida de anaquel de los productos en condiciones óptimas para el consumo humano, y que conserven la integridad del alimento, es así como en los últimos años ha existido una búsqueda y revalorización de sustratos provenientes de fuentes naturales que presenten constituyentes y/o productos derivados aplicables al desarrollo de alimentos, los cuales incidan en la nutrición mediante el aporte simultáneo de efectos benéficos para la salud.

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la elaboración de recubrimientos comestibles a base de mucílago de tres variedades de chíá sobre diversos frutos para establecer una comparación entre ellas y definir cuál es la más apropiada para su aplicación en distintos alimentos (manzana, uva y tomate) como fruto modelo aplicando *Aspergillus* sp.

Aspergillus mostró sensibilidad al ser evaluado por cada uno de los recubrimientos antimicrobianos, inhibiéndose su crecimiento radial, y disminuyendo su velocidad específica de crecimiento teniendo que las frutas sin cubierta e inoculadas tuvieron una crecimiento de descomposición mayor en cuanto a su pérdida de peso maduración y el concentrado de solutos en los mismos también vario los grados

de maduración del fruto en cuanto a los grados brix fue más alto con el conteo de .5 a 1 ° brix en dichos alimentos con cubierta sin descomposición con un porcentaje de solutos elevado sobre los tratamientos sin cubierta.

Se buscó una formulación para un recubrimientos a base de mucílago de chía (*salvia hispánica*) en el que la formación de ésta cubierta se generó a partir de una concentración de 21%, usando diversas concentraciones a partir de ésta concentración hasta 100% hasta obtener la cubierta deseadas, una vez colocada la cubierta esta se inoculo con uno de los hongo resembrados (*aspergillus*), para ver el efecto que se ejerce sobre los frutos de manzana, uva y tomate rojo.

Al evaluar la vida de anaquel de los frutos con el recubrimiento comestible más los inoculados con esporas de *aspergillus* almacenados durante tres semanas a temperatura ambiente, se observa que éstas frutas (manzanas, uvas) se mantienen durante este tiempo con las características para su consumo en cuanto a estos recubrimientos se pude diferenciar el grado de maduración de los tratamientos que no se les aplico la chía como recubrimiento con un alto valor de madures en las manzanas y en las uvas, podemos observar una deficiencia en la pérdida de peso y un incremento elevado de grados brix, en cuanto al tomate rojo se pudo apreciar una alta descomposición sin importar el recubrimiento, existió gran perdida en los tratamientos sin recubrimiento y en los tratamientos con recubrimiento de igual forma pero en menor proporción. Para este estudio comparativo se aplicaron tres mucilagos de tres variedades de chías en los frutos a aquellos que tuvieron indicio del crecimiento de éste este hongo fueron el tratamiento tres con la chías *salvia hispánica* negra.

Palabras clave: *aspergillus*, chía, recubrimiento comestible, antimicrobiano.

1. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

El consumo de frutas y hortalizas en la dieta diaria tiene un efecto benéfico para la salud, ya que son una excelente fuente de vitaminas, minerales y fibra, además de poseer bajo contenido calórico. Sin embargo, este consumo es todavía muy bajo con respecto a las recomendaciones hechas por profesionales de la salud. La introducción en los mercados de los productos frescos cortados es una forma de incrementar el consumo de frutas y hortalizas dentro de la población, debido a su atractiva presentación, apariencia y sabor.

El creciente interés por el desarrollo de películas y cubiertas comestibles para incrementar la conservación de alimentos se debe fundamentalmente a las exigencias, cada vez mayores de reducir el impacto en la contaminación ambiental que se ha producido con el incremento de desechos generados por el uso de envases y plásticos de origen sintético o no biodegradables para el empaque y distribución de alimentos (González, 2014).

Se estima que a nivel mundial las pérdidas postcosecha de frutas y hortalizas causadas por microorganismos, son del orden del 5 al 25% en países desarrollados y de un 20a un 50% en países en desarrollo. La diferencia en la magnitud del daño de ambos escenarios obedece a que en los países desarrollados prevalecen condiciones ambientales de temperatura y humedad menos favorables para ocurrencia de daños, tienen mayor disponibilidad de recursos tecnológicos y económicos para prevenir las pérdidas postcosecha y los mercados son más exigentes (FHIA, 2007).

Las frutas y hortalizas pueden ser contaminadas e infectadas en el campo durante el desarrollo del cultivo o durante la cosecha, así como durante su manipulación en la empacadora, en los locales de almacenamiento, durante el tránsito hacia los mercados y en los mismos exhibidores de los mercados y supermercados (FHIA, 2007).

El interés por la chía resurgió a finales del siglo pasado, ya que se encontró que posee un elevado contenido de aceite (32%). Además de ser buena fuente de proteína (18%) y fibra cruda (24%), el mucilago de la semilla resulta útil como aditivo alimenticio, entre otras características (Bushway *et al.*, 1981; Beltran-Orozco y Romero, 2003).

El mucílago de chía, carbohidrato complejo de alto peso molecular (Lin y Daniel, 1994), es un componente importante de la semilla por su potencial importancia fisiológica. Este mucílago emerge de la semilla cuando entra en contacto con agua, constituyendo un hidrocoloide con potencial uso como agente espesantes en la industria de alimentos y farmacéutica.

El indicador de cosecha del cultivo de Chía, es cuando del 80% del follaje de cada planta presenta pérdida de color tornándose color oscuro dando la apariencia de sequedad o muerte, en este momento se debe cortar a ras del suelo la planta formando pequeños moños sobre los surcos para terminar su secado para evitar pérdidas de pos cosecha se recomienda utilizar plástico negro para proteger de las lluvias los moños de plantas de chía, una vez secada la planta se realiza el aporreo con ayuda de palos cortos se golpea sobre una carpa de plástico, se recomienda realizar el despolvado con ayuda de abanicos y cedazo fino de 2x2 mm cuadrado (Miranda, 2012). La calidad de la chía está determinada por su concentración de ácidos grasos omega 3, porcentaje de humedad en el grano, pureza, índice de peróxidos y empaque a un que no existe una norma internacional sobre estos estándares si existen acuerdos comerciales en donde se negocian estos requisitos tomando en cuenta el análisis de laboratorios acreditados para determinar la calidad de su Chía, porque esta puede variar con mucha frecuencia tomando en cuenta la zona de producción, manejo del cultivo, manejo de pos cosecha y factores ambientales (Miranda, 2012).

1.2 Justificación

En las últimas décadas se ha incrementado la demanda de frutos frescos y vegetales, que ha influido en la industria de alimentos para el desarrollo de nuevos y mejores métodos a fin de mantener la calidad y extender la vida de anaquel. Se reportan grandes pérdidas (de 20 al 80%) en la calidad de frutos frescos, de cosecha al consumo final, por lo que la corta vida de anaquel de las frutas es un importante problema concerniente al productor y a las cadenas distribuidoras de alimentos. Además, los consumidores alrededor del mundo, demandan alimentos de alta calidad sin conservadores químicos con larga vida de anaquel. Como consecuencia, se han incrementado los esfuerzos para la aplicación de nuevas tecnologías que permitan la aplicación de nuevos conservadores naturales y antimicrobianos biológicos (Chien *et al.*, 2007).

Varios investigadores han estudiado la aplicación de cubiertas de origen natural en frutos tales como manzanas (Rojas-Grau *et al.*, 2007), fresas (Mali y Grossmann, 2003; Tanada- Palmu y Grosso, 2005; Ribeiro *et al.*, 2007), mango (Srinivasa *et al.*, 2002; Chien *et al.*, 2007; Dang *et al.*, 2008) y kiwi (Xu *et al.*, 2001). Las cubiertas basadas en polisacáridos son incoloras y tienen apariencia libre de aceite, pudiendo ser utilizadas para aumentar la vida de anaquel de frutos, vegetales, mariscos o cárnicos que eviten la deshidratación, reduzcan la rancidez oxidativa y el oscurecimiento de la superficie (Moraru *et al.*, 2003).

En México existe un gran número de especies vegetales ampliamente distribuidas, que han sido evaluadas para determinar la actividad biológica para el control de enfermedades en diferentes cultivos, tal es el caso de *Larrea tridentata* (gobernadora) (García *et al.*, 2010), *Syzygium aromaticum* (clavo) (García *et al.*, 2010), *Lippia graveolens* Kunth (orégano mexicano) (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2011), *Flourensia cernua* (hojasén) (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2007), *Agave lechuguilla* Torrey, *Yucca carnerosana* (Trel.) McJelveyand, *Yucca filifera* Chaub (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2011), entre otras, que pueden ser utilizadas para el control de patógenos postcosecha.

La necesidad de la implementación de tecnologías modernas para la disminución de pérdidas de frutos postcosecha en el campo en México, es un área de oportunidad que no ha sido cubierta y que requiere ser investigada a fondo para resolver la problemática que representa para productores y empresarios de nuestro país.

1.3. Hipótesis

La aplicación de un recubrimiento comestible no perceptible a base de tres variedades de mucilago de chíá salvia hispánica a manzana uva y tomate. Incrementa su resistencia a microorganismos patógenos comunes, reduce la pérdida de agua, y prolonga su vida de anaquel sin daños.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Comparar tres variedades de chía (*Salvia hispánica*) para la elaboración de recubrimientos comestibles sobre diversos frutos.

1.4.2 Objetivos específicos

- Extraer el mucilago de tres variedades de chía (blanca, café y negra).
- Caracterizar el recubrimiento comestible a base de mucílago de chía.
- Evaluar vida de anaquel de manzana, uva y jitomate con recubrimientos de chía de las 3 variedades.

2. REVISION DE LITERARURA

2. 1. La chía

Es un cultivo fácil de manejar y almacenar por pequeños productores no necesita grandes inversiones.

La chía (*Salvia hispanica*) es una planta herbácea de la familia de las *lamiaceas*, de hojas anchas con ramificaciones opuestas, tallo hueco y cuadrado. Mide entre 1.20 hasta 1.60 m de alto y 40 hasta 60 mm de ancho entre más espacio tenga la planta aumenta su ramificación y por ende su número de espigas floral es mayor reportándose mejores rendimientos (Miranda, 2012).

2.2 Generalidades

A pesar de que la chía no es un alimento muy utilizado actualmente, su producción global está en incremento debido a sus propiedades saludables y al incremento de su popularidad. La semilla de chía es una fuente potencial de nutrientes para la industria de los alimentos para consumo humano y animal debido a que posee una cantidad significativa de aceite (aprox. 40%), casi 60% de ácido α linoléico (omega 3), fibra dietética (aprox. 30%), proteínas de alto valor biológico (aprox. 19%), vitaminas y minerales. Además, contiene antioxidantes, como los ácidos fenólico glucósido Q y el clorogénico K, ácido caféico, quercetina y kaempferol que protegen al consumidor contra condiciones adversas como enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer (Capitani *et al.*, 2012; Muñoz *et al.*, 2012a; Martínez *et al.*, 2012 por Velázquez, S. 2014).

Cuando las semillas se sumergen en agua, un gel transparente mucilaginoso es exudado y permanece fuertemente ligado a la semilla. El mucílago de *Salvia hispanica* varía en su peso molecular desde 0.8 a 2.0 x 10⁶ daltons, está principalmente compuesto por xilosa, glucosa y ácido glucurónico, formando un polisacárido ramificado. Una unidad estructural tentativa propuesta es la de un

tetrasacárido con residuos de 4-O-metil- α -D-glucoronopiranosil generando ramas en O-2 de algunos residuos de β -D-xilopiranosil en la cadena principal que consiste en unidades de (1 \rightarrow 4)- β -D-xilopiranosil-(1 \rightarrow 4)- α -D-glucoronopiranosil-(1 \rightarrow 4)- β -D-xilopiranosil (Lin *et al.*, 1994 citado por Velázquez, 2014).

En 1996, la FAO describió al mucílago de chía como una fuente potencial de polisacárido debido a sus propiedades mucilaginosas excepcionales en soluciones acuosas a bajas concentraciones (Muñoz *et al.*, 2012b citado por Velázquez, 2014).

En cuanto a la calidad proteica de la semilla de chia es muy poco lo que se conoce ya que los estudios realizados son muy escasos; sin embargo se sabe que contienen mayor cantidad de proteína y mejor balance de aminoácidos que los granos. Usados tradicionalmente en México. Como maíz, trigo y arroz (Ayerza, 2000; Monroy-Torres, 2008, citado por Sandoval, 2012).

2.3 Taxonomía

La chía, *Salvia hispanica* L., es una especie que pertenece a la familia de aromáticas como la menta, el tomillo, el romero y el orégano. En el cuadro 1 se muestra la información sobre la jerarquía taxonómica de la chía (Martínez, 1959 citado por Jaramillo, 2013).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de *Salvia hispanica*

| Jerarquía | Descripción |
|-----------|--|
| Reino | <i>Plantae</i> - Planta |
| Subreino | <i>Tracheobionta</i> – Planta vascular |
| División | <i>Magnoliophyta</i> – Angiosperma |
| Clase | <i>Magnoliopsida</i> – Dicotiledónea |
| Subclase | <i>Asteridae</i> |
| Orden | <i>Lamiales</i> |
| Familia | <i>Lamiaceae</i> – Menta |
| Género | <i>Salvia</i> L – Salvia |
| Especie | <i>Salvia hispanica</i> L. |

Sus flores de color azul intenso o blancas se producen en espigas terminales, esta descripción morfológica de las flores fue abordada por Martínez como se muestra en la Figura 1 (Martínez, 1959 citado por Jaramillo, 2013). Las semillas son ovals, suaves, brillantes y miden entre 1,5 y 2,0 mm de longitud. Según la variedad, su color puede ser blanco o negro grisáceo con manchas irregulares que tienden a un color rojo oscuro (Ayerza, 2006 citado por Jaramillo, 2013).

Figura 1. Planta chía (*Salvia hispánica* L.).



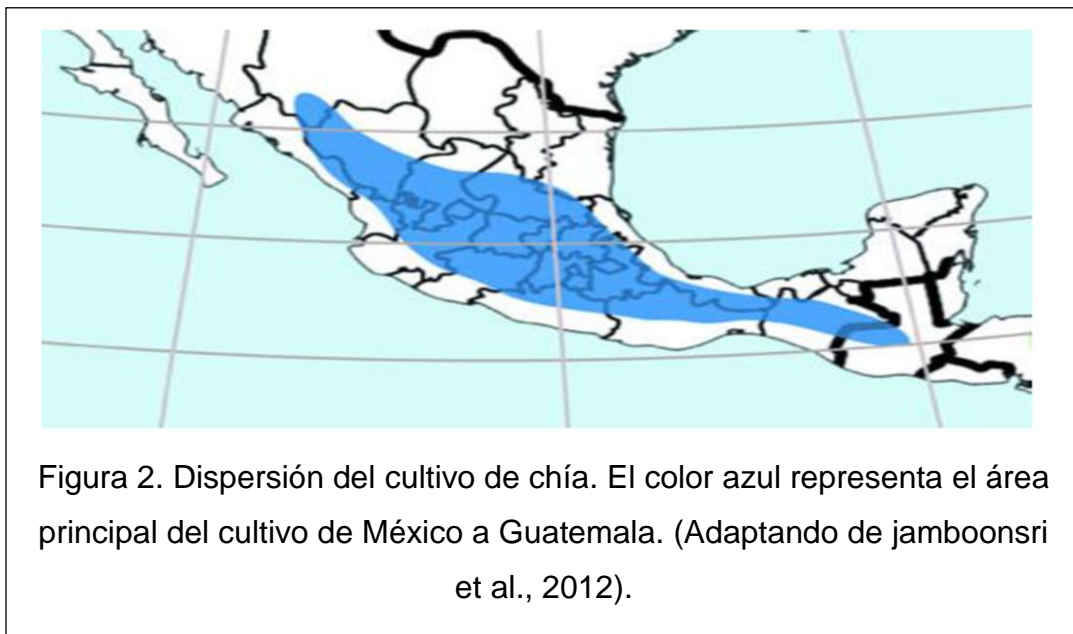
2.4 Especies variedades

La chía es un cereal que pertenece a la familia *Labiatae* que comprende aproximadamente 512 especies en todo el país (Hernández, 1994). Destacan dos géneros: *Hyptis* y por supuesto *Salvia*, de esta última sobresale *Salvia hispánica* L. que es la variedad comercial en el país (Domínguez- Vázquez *et al.*, 2002) es originaria de Mesoamérica y la mayor diversidad genética se presenta en la vertiente del océano pacífico, desde el centro de México hasta el norte de Guatemala en México se encuentra el 88% de las especies de *salvia*. Lo que hace presumir que es el centro de origen de esta planta (Miranda, 1978; Cahill, 2004 citado por Sandoval, 2012).

2.5 Lugar de cultivo

La chía crece en condiciones tropicales y subtropicales y no es tolerante a las heladas. Se desarrolla mejor en suelos arenosos-limosos y también en aquellos de moderada fertilidad y es tolerante a la acidez edáfica. En cuanto al nivel de humedad, la chía es también tolerante a la sequía, no necesitando de muchas lluvias para su crecimiento y posterior desarrollo. Tampoco le afectan las lluvias, pero si en el momento de la floración ya que puede causar el aborto de las mismas.

Los países que más cultivan la Chía son México, España, Colombia y Bolivia, Argentina, Australia, los cuales realizan temas de investigación para promover la importancia del cultivo a nivel mundial principalmente en los países en vía de desarrollo por sus bondades productivas y pos cosecha (Miranda, 2012).



Únicamente logro sobrevivir en áreas montañosas escarpadas de México, Guatemala y Nicaragua (Beltrán- Orozco *et al.*, 2005; Bueno *et al.*, 2010 citado por Sandoval, 2012).

La chía (*Salvia hispanica* L.) es una planta que pertenece a la familia de las *Labiatae*, nativa de las áreas montañosas que se extienden desde el sur de México hasta el norte de Guatemala, fue uno de los principales cultivos de la cultura Mesoamericana. Se ha cultivado en regiones tropicales y subtropicales y ha sido conocida y utilizada como alimento, medicina y para la manufactura de pinturas por indios americanos y mexicanos rurales (Rodea-González *et al.*, 2012; Moreira *et al.*, 2012; Lin *et al.*, 1994; Martínez *et al.*, 2012). Actualmente en México su producción se lleva a cabo en Colima, Jalisco, Michoacán, Morelos, Guerrero, Puebla y Sinaloa (SAGARPA, 2014 citado por Velázquez, 2014).

2.6 Composición química

Las semillas de chía destacan por su riqueza en componentes nutricionales como los ácidos grasos poliinsaturados, fibra y vitaminas del grupo B. Los aceites de la semilla constituyen el 32%-39% del total, donde el 60% de éstos es el ácido α -linolénico (omega-3, precursor de los ácidos grasos DHA ácido descosahexanoico y EPA o ácido eicosapentanoico) y el 20% es ácido α – linoleico (omega-6). Esta elevada cantidad implica que la semilla de chía, junto con el lino (*Linum usitatissimum* L) sea una de las mejores fuentes de ácidos grasos esenciales (AGE) de origen agrícola. Sin embargo, la chía, por encima del lino, es el cultivo con mayor porcentaje de estos AGE (α -linolénico y α -linoleico) al tener más del 80 % de sus lípidos con dicha característica (Bio-Ener S.L, 1996 citado por Aguilar, 2013).

Además del buen perfil lipídico, las semillas contienen cerca de un 20% de proteínas, mientras que otros cereales como el trigo (14%), maíz (14%), arroz (8,5%), avena (15,3%) y cebada (9,2%) las contienen en menos proporción.

2.7 Usos y Propiedades de la Semilla de Chía

El consumo directo de sus semillas es una buena forma de complementar la dieta, (suplemento alimenticio) pues nos aportan AGE, principalmente omega 3, fibra y

aminoácidos esenciales. Se deben consumir molidas o bien masticadas para permitir su correcta digestión y metabolización. Si se dejan reposar en agua, las semillas quedarán envueltas en un polisacárido mucilaginoso denso (la fibra soluble), el cual es excelente para la digestión y el tránsito intestinal. En niños menores de 4 años, el consumo normal es de 1g al día, aunque la dosis máxima es 3 g. En niños más mayores, hasta los 18 años, el consumo diario es de 1.5 g, que se puede incrementar hasta un máximo de 4.3 g (Bio-Ener S.L, 1996 citado por Aguilar, 2013).

La harina al igual que el aceite de chía, es un ingrediente perfecto para enriquecer productos de panadería, bebidas y varias preparaciones culinarias. Se puede elaborar pan enriquecido con omega 3 adicionando un 5% en peso de semillas de chía. También es empleada para enriquecer piensos animales para obtener carnes, leches y/o huevos con mejor perfil lipídico (más % de grasa poliinsaturada y menos % de grasa saturada y colesterol) o bien enriquecerlos con omega 3 (Bio-Ener S.L, 1996 citado por Aguilar, 2013).

La cantidad de trabajos científicos acerca de las ventajas nutricionales de la chía están creciendo rápidamente alrededor del mundo. Se le utiliza como ingrediente para hacer pan, barras energéticas, suplementos diabéticos y en la elaboración de dietas para animales, entre otros usos (Ayerza y Coates, 2005; Muñoz *et al.*, 2012 citado por Sandoval, 2012).

Las propiedades de la chía son muy conocidas y se recomienda su uso por sus bondades para el sistema digestivo; sin embargo, su consumo se ve limitado para un público bastante amplio, debido principalmente a la preparación. La chía por si sola carece de gusto alguno, insípida e inodora

La OMS, recomienda consumir 4 gramos de ácido grasos omega-3 por día y el 30% de la semilla de chía es aceite y de este el 64% es de Omega-3 por lo tanto 24 g de semilla cubren la necesidad humana por día (Miranda, 2012).

Las semillas de chia son de muy fácil digestión y de rápida absorción, con lo que llegan rápido para nutrir a células y tejidos. Entre los aminoácidos esenciales

que contiene, destaca la lisina, aminoácido limitante en los otros cereales. No contiene gluten, por lo que su consumo es apto para las personas alérgicas al gluten (celíacos) o intolerantes. Los hidratos de carbono engloban entre el 35% y 40% de su peso final. Dentro de éstos, no se encuentran azúcares (0% de monosacáridos y disacáridos), y casi el 90% es fibra y el resto fécula. La mayoría de la fibra es soluble y de alto peso molecular (mucílagos), con una extraordinaria capacidad de retención de agua. Por este motivo, cuando se ponen en contacto con agua u otro medio acuoso, incrementan su peso 14 veces más que el salvado de trigo y 16 veces más que la linaza, creando un gel de textura viscosa. Cuando se ingieren, las semillas entran en contacto con los ácidos del estómago y el gel que se forma hace de barrera física entre los hidratos de carbono consumidos y las enzimas digestivas (Miranda, 2012). Este proceso hace que los carbohidratos se digieran más lentamente y que la conversión de glucosa sea gradual y sostenida. Esto resulta beneficioso en el tratamiento dietético de la diabetes, ya que evita elevaciones bruscas del nivel de glucosa en la sangre después de comer. Por otro lado, la fibra también ayuda a mejorar de la velocidad de tránsito del estómago y hace que las heces más suaves y fáciles de evacuar, por lo que es útil en el estreñimiento (Bio-Ener S.L, 1996).

2.8 Películas o Recubrimientos Comestibles

El desarrollo de películas y recubrimientos comestibles aplicados a productos Hortofrutícolas tanto frescos como mínimamente procesados ha generado recientes avances respecto al efecto sinérgico de los componentes sobre la vida de anaquel de dichos alimentos. El uso de hidrocoloides, plastificantes, aditivos y compuestos activos, tiene como objetivo generar una atmosfera modificada (AM) que tiene la capacidad de controlar la transferencia de masa representada en solutos, solventes, gases (O_2 , CO_2) e incluso migrar sustancias desde la matriz ubicada en la superficie del alimento, tener efectos positivos sobre el control de la tasa de crecimiento microbiano, y mantener 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. Debido a esto, su estudio y divulgación seguirá siendo un tópico de vital importancia en las tecnología emergentes, ya que son evidentes sus efectos benéficos sobre la minimización de pérdidas pos cosecha, ralentización en el consumo de materiales poliméricos sintéticos, desarrollo de nuevos e innovadores biomateriales, productos frescos y mínimamente procesados biofortificados que traen beneficios y bienestar a los consumidores (Quintero, *et al.*, 2010).

2.9 Generalidades

Los consumidores día a día exigen que los alimentos frescos y mínimamente procesados estén exentos de sustancias de síntesis química, y buscan aquellos enriquecidos con sustancias de origen natural que traigan beneficios para su salud y que mantengan las características nutritivas y sensoriales de los productos adquiridos. Por lo tanto se ha prestado una mayor atención en la búsqueda de nuevas sustancias de origen natural que permitan actuar como posibles fuentes alternativas de antioxidantes y antimicrobianos (Ponce *et al.*, 2008 citado por Quintero, *et al.*, 2010).

El empaque desempeña un papel fundamental sobre la conservación, distribución y marketing. Algunas de sus funciones son contener el alimento, y protegerlo de la acción física, mecánica, química y microbiológica. Un RC (recubrimiento comestible) o PC (película comestible) tiene la capacidad de trabajar sinérgicamente con otros materiales de embalaje.

Los recubrimientos comestibles forman una atmosfera modificada pasiva que puede influenciar diferentes cambios en productos frescos y mínimamente procesados en aspectos tales como actividad antioxidante, color, firmeza, calidad sensorial, inhibición del crecimiento microbiano, producción de etileno y compuestos volátiles como resultado de anaerobiosis (Oms-Oliu *et al.*, 2008^a citado por Quintero, *et al.*, 2010).

Un recubrimiento comestible (RC) se puede definir como una matriz continua, delgada, que se estructura alrededor del alimento generalmente mediante la inmersión del mismo en una solución formadora del recubrimiento

(García-Ramos *et al.*, 2010). Por otra parte una película comestible (PC) es una matriz preformada, delgada, que posteriormente será utilizada en forma de recubrimiento del alimento o estará ubicada entre los componentes del mismo. Dichas soluciones formadoras de PC o RC pueden estar conformadas por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de los mismos (Krochta *et al.*, 1994). Al igual que los RC, las PC poseen propiedades mecánicas, generan efecto barrera frente al transporte de gases, y pueden adquirir diversas propiedades funcionales dependiendo de las características de las sustancias encapsuladas y formadoras de dichas matrices (Vasconez *et al.*, 2009 citado por Quintero, *et al.*, 2010).

La efectividad de un recubrimiento comestible para proteger frutas y vegetales depende del control de la humectabilidad (Cerqueira *et al.*, 2009b), de la capacidad de la película para mantener compuestos de diversa funcionalidad (plastificantes, antimicrobianos, antioxidantes, sabores, olores) dentro de dicha matriz, ya que la pérdida de dichas soluciones afecta el espesor de la película (Park, 1999), y de la solubilidad en agua, ya que es indispensable evitar la disolución de la PC o RC (Ozdemir & Floros, 2008 citado por Oregel, 2013).

El uso de una PC o RC en aplicaciones alimentarias y en especial en productos altamente perecederos, como los pertenecientes a la cadena hortofrutícola, se basa en ciertas características tales como costo, disponibilidad, atributos funcionales, propiedades mecánicas (tensión y flexibilidad), propiedades ópticas (brillo y opacidad), su efecto barrera frente al flujo de gases, resistencia estructural al agua, a microorganismos y su aceptabilidad sensorial. Estas características son influenciadas por parámetros como el tipo de material implementado como matriz estructural (conformación, masa molecular, distribución de cargas), las condiciones bajo las cuales se preforman las películas (tipo de solvente, pH, concentración de componentes, temperatura, entre otras), y el tipo y concentración de los aditivos (plastificantes, agentes entrecruzantes, antimicrobianos, antioxidantes, emulsificantes, etc.) (Guilbert *et al.*, 1996, Rojas-Grau *et al.*, 2009^a citado por Quintero, *et al.*, 2010).

2.10 Composición química

Como fuente botánica, existe variabilidad en la composición de las semillas de chía, esto puede ser de acuerdo al lugar de crecimiento, años de cosecha dentro de la ubicación, debido a los efectos del genotipo y medio ambiente, así como las interacciones genéticas por el ambiente. Se han realizado algunos estudios para demostrar la variación en la composición las semillas en diferentes tipos de ecosistemas, en donde han encontrado variaciones significativas de acuerdo a la región en función de una sola especie (Ayerza y Coates, 2004).

Los semilla de chía posee un contenido de aceite superior al de otras semillas oleaginosas de importancia comercial (Cuadro 2), constituye el 32%-39% del total, donde el 60% de éstos es el ácido α -linolénico (omega-3, precursor de los ácidos DHA y EPA) y el 20% es ácido α -linoleico (omega-6). Esta elevada cantidad implica que la semilla de chía, junto con el lino (*Linum usitatissimum* L.) sea una de las mejores fuentes de ácidos grasos esenciales (AGE) de origen agrícola (Gonzales, 2011).

Cuadro 2. Contenido de aceites y composición de los ácidos grasos de semillas comerciales de chía provenientes de cinco países. Adaptado de Ayerza y coates, 2006.

| País | Aceite | Ácidos grasos (%) | | | | |
|-----------|--------|-------------------|-----------|--------|-----------|-----------|
| | | Alfa-Linolénico | Linoleico | Oleico | Esteárico | Palmítico |
| Argentina | 34 | 63.1 | 19.5 | 6.7 | 3.0 | 7.0 |
| Bolivia | 32.7 | 63.3 | 18.7 | 7.1 | 2.7 | 7.4 |
| Colombia | 29.9 | 57.9 | 19.2 | 7.6 | 3.5 | 7.5 |
| México | 31 | 61.6 | 19.6 | 7.5 | 3.3 | 6.7 |
| Perú | 32.4 | 64.2 | 18.4 | 6.9 | 3.0 | 7.2 |

(Gonzales, 2011)

El contenido de proteínas que posee la chía es de alrededor de un 19-20%, un porcentaje superior al de otros granos como el trigo (8-12%), maíz (9,42%), arroz (6,8%), avena (16,9%), cebada (9.9%) y amaranto (13.56%) (Bos *et al.*, 2005; USDA, 2010) (Cuadro 3). Además, a diferencia de otros cereales posee lisina el cual es un aminoácido limitante, sin embargo la treonina es el primer aminoácido limitante (Gonzales, 2011).

Cuadro 3. Composición nutricional de la semilla de *salvia hispánica L.* (adaptado de Lee, 2009).

| Componente | Contenido en 100g |
|-------------------------|-------------------|
| Energía (kcal) | 509.96 |
| Proteínas (g) | 21.62 |
| Grasa total (g) | 30.52 |
| Hidratos de Carbono (g) | 37 |
| Fibra dietética (g) | 27.6 |
| Colesterol (mg) | 0 |
| Sodio (mg) | <3.0 |
| Potasio (mg) | 52.92 |
| Vitamina A (mg. ER) | <50 |
| Tiamina (B1) (mg) | 0.2 |
| Riboflavina (B2) mg | 5.2 |
| Niacina (B3) mg EN | 6.4 |
| Calcio (mg) | 52.09 |
| Hierro (mg) | 0.43 |
| Zinc (mg) | 0.005 |
| Cobre (mg) | <0.25 |
| Boro (mg) | 0.14 |
| Molibdeno (mg) | <0.0015 |

Por (Gonzales, V. 2011)

2.11. Lípidos

Los lípidos son los recubrimientos que mejores resultados han dado en el recubrimiento de frutos, mediante su utilización se reduce la respiración, deshidratación y mejora el brillo de estos productos, además ofrece barrera al vapor del agua, los lípidos empleados para elaborar películas y recubrimientos comestibles se encuentran en aceites, grasas y ceras (ceras de abeja, candelilla y carnauba); los triglicéridos, monoglicéridos acetilados, ácidos grasos, alcoholes, y esterres de ácidos grasos de sacarosa (Pérez, 2008 citado por Morales, 2011).

2.11.1 Ceras

Generalmente las películas y recubrimientos elaborados a partir de ceras han mostrado ser más resistentes al transporte de la humedad que otras películas elaboradas con otros lípidos o resinas. Materiales hidrofóbicos como ceras y ésteres de ácidos grasos han sido aplicados como recubrimientos, observando que presentan excelentes barreras que limitan la transferencia de vapor de agua, no obstante, no poseen la capacidad de formar películas con estabilidad y maleabilidad adecuadas para su manejo, presentan problemas de control de homogeneidad, grosor, superficie grasosa y ruptura (Kamper y Fennema, 1985; Baldwin, 1997; Ruiz, 2004).

Los productos tratados con cera cumplen con la función de retardar la maduración y el envejecimiento de frutas y hortalizas, manteniendo una atmósfera controlada en la superficie exterior, que permita la protección del producto ante las condiciones ambientales de transporte y almacenamiento (Multiceras, 2011 citado por Morales, 2011).

2.11.2 Ventajas del uso de ceras

- ❖ Reducción de la deshidratación, siendo este el mejor beneficio.
- ❖ Protección a la superficie del fruto, especialmente cuando existen lesiones y rasguños que pueden ser sellados con cera.
- ❖ Mejora la apariencia externa del fruto, al proveerle un brillo uniforme
- ❖ Permite un control de intercambio gaseoso ya que la cera actúa como una barrera para los gases que entran y salen del fruto, generando una atmósfera modificada, lo cual retrasa su proceso de maduración.
- ❖ Prolongan la vida de anaquel.
- ❖ Mejoran el precio
- ❖ Disminuyen la oxidación (Quiminet, 2010).

2.11.3 Tipos de ceras

Las ceras al agua, que son derivadas de resinas naturales y de plantas, como la cera de abeja, de aceites orgánicos, la camauba, la candelilla, resinas de madera, ésteres de sacarosa, ceras a base de proteínas, del suero de la leche, de

polisacáridos, entre otros. Son más eficientes, producen menor brillo y son menos contaminantes (Morales M. 2011).

Las ceras solventes, cuya composición es básicamente de hidrocarburos, se han dejado de utilizar por contener derivados del petróleo, son más contaminantes aunque ofrecen la misma protección (Morales M. 2011).

2.11.3.1 Cera de abeja

La cera de abeja es llamada cera blanca (cera alba) o cera amarilla (cera flava) dependiendo del grado de refinación del producto. La materia prima básica es secretada por las abejas durante el proceso de construcción de sus panales. La cera de abeja cruda se obtiene fundiendo y filtrando los panales para obtener una cera limpia. Esta cera cruda tiene un color que varía entre café y amarillo, dependiendo del tipo de flores que existen en la región donde habitan las abejas. La cera de abeja contiene ácidos libres, ésteres y otros componentes naturales que le dan características especiales (Cuadro 3). Tales como propiedades emulsificantes, plasticidad, compatibilidad con otros productos naturales y olor agradable (Apiarios la rinconada, 2011). Por (Morales, M. 2011).

Cuadro 4. Composición química de la cera de abeja

|  | |
|---|----|
| Componentes | % |
| Mono ésteres | 35 |
| Hidrocarbonato | 14 |
| Ácidos libres | 12 |
| Di ésteres | 14 |
| Hidroxipoliésteres | 8 |
| Hidroximonoésteres | 4 |
| Tri ésteres | 4 |
| Ácidos poliésteres | 2 |
| Ácidos mono éteres | 1 |
| Materias no identificadas | 7 |

2.11.3.2 Cera de Carnauba

La Cera de Carnauba se obtiene de las hojas de una especie de palma que se conoce como *Copernicia cerífera*, nombrada así en honor del astrónomo polaco Nicolás Copérnico (Multiceras, 2011).

2.11.3.3 Cera de Candelilla

La cera de candelilla es una sustancia compleja de origen vegetal. Es dura, quebradiza y fácil de pulverizar. Sin refinar es de apariencia opaca. Su color puede variar desde café claro hasta amarillo, dependiendo del grado de refinación y blanqueo. Su superficie puede alcanzar altos niveles de brillo al ser refinada, siendo ésta una de las propiedades más apreciadas en la cera de Candelilla para diversas aplicaciones de especialidad. Disuelve bien los colorantes básicos. Es insoluble en agua, pero altamente soluble en acetona, cloroformo, benceno y otros solventes orgánicos. La mayoría de los constituyentes de la cera de Candelilla son componentes naturales que se encuentran en los vegetales y en las frutas. Su composición química se caracteriza por un alto contenido de hidrocarburos (alrededor del 50%) y una cantidad relativamente baja de ésteres volátiles (cuadro 5). Su contenido de resina puede llegar hasta 40% en peso, lo cual contribuye a su consistencia pegajosa (Ochoa, 2009).

Cuadro 5. Composición de la cera de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc

| Compuestos | Cera cruda (%peso) | Cera refinada (% peso) |
|----------------------|--------------------|------------------------|
| Hidrocarburos | 46 | 57 |
| Alcoholes libres | 13 | 14 |
| Ácidos libres | 7 | 7 |
| Esteres simples | 2 | 21 |
| Esteres hidroxilados | 8 | 8 |
| Esteres ácidos | 10 | 0 |

Conaza, 2004

2.12 Carbohidratos

Los carbohidratos son ampliamente usados en la industria de los alimentos como estabilizante, espesante y gelificantes. Además, y gracias a sus propiedades filmógenas, estos compuestos también pueden utilizarse en la elaboración de cubiertas o películas comestibles (Guilbert y Biquet, 1995) en general los carbohidratos producen películas y cubiertas con buenas propiedades mecánicas y son barreras eficientes contra compuestos de baja polaridad sin embargo su naturaleza hidrofílica hace que presenten una baja resistencia a la pérdida de agua (Parra *et al.*, 2004). Su selectividad en cuanto a la permeabilidad al oxígeno y al dióxido de carbono, condiciona la creación de atmósferas modificadas en el interior del alimento, lo que se traduce en un aumento de la vida útil del producto (Aguilar, 2005).

2.12.1 Almidón

Las películas comestibles de almidón se producen por vaciado o moldeado de una dispersión acuosa gelatinizada de amilasa, seguida por la evaporación del solvente, lo que da lugar a la formación de una película transparente. Estas películas se usan como recubrimientos comestibles de los alimentos para suministrar una barrera al oxígeno, a los lípidos y para mejorar la apariencia en la textura.

2.12.2 Alginatos

El alginato se obtiene principalmente del alga gigante *Macrocystis pyrifera*. El alginato forma geles que se usan para la formación de las películas (los más utilizados son los de calcio). Se forman mediante la evaporación de una solución acuosa de alginato, seguido de un ligamiento entrecruzado iónico con una sal de calcio. Las películas de alginatos se usan en productos cárnicos, actuando éstas como agente sacrificante, es decir, la humedad se pierde de la cobertura antes que el alimento se deshidrate de manera significativa.

2.12.3 Carragenatos

Los carragenatos se proceden de las algas rojas, se extraen de forma industrial. Se disuelven en agua caliente formando una solución acuosa del polímero, esta gelificación ocurre probablemente por la formación de una estructura de doble hélice en forma de red, que se origina mediante la adición de una sal específica, lo cual da lugar a puentes intercatenarios de gran importancia. Los recubrimientos elaborados a partir de carragenanos retardan la pérdida de humedad.

2.12.4 Pectinas

Las pectinas son carbohidratos purificados, a partir de la corteza interna de los frutos cítricos. Poseen una alta capacidad de melificar. Las películas o recubrimientos elaborados a partir de pectina ofrecen una alta permeabilidad al vapor de agua.

2.12.5 Quitosán

El quitosano es un excelente formador de películas. Debido a su buena solubilidad puede ser modificado químicamente en diferentes formas y presentaciones (fibras, películas, cápsulas, recubrimientos). Se obtiene de la desacetilación de quitina presente en los desechos de los mariscos. Es buena barrera frente al oxígeno y frente al dióxido de carbono (Marzo, 2010).

2.13 Proteínas

Las proteínas son empleadas para la formulación de recubrimientos comestibles pueden ser: caseína, proteína aislada de suero lácteo, colágeno, albúmina de huevo, proteína de pescado, queratina, etc.

2.13.1 Caseína

Los caseinatos forman fácilmente películas en soluciones acuosas debido a su estructura desordenada. Dan como resultado películas, transparentes, flexibles y de naturaleza blanda.

2.13.2 Proteínas aisladas de suero lácteo

Estas proteínas se obtienen mediante el calentamiento de soluciones de 8-12%, el secado se realiza a temperatura ambiente. Resultan películas de gran fragilidad, necesitan plastificantes.

2.13.3 Colágeno

El colágeno se encuentra de forma natural en los tejidos animales como tendones, piel y huesos. Las películas de colágeno se desarrollan por extrusión y dispersión de un ácido coloidal. El colágeno ha sido estudiado durante mucho tiempo como recubrimiento para productos cárnicos.

2.13.4 Zeína

Son aislados de proteína de maíz. A partir de la zeína se desarrollan soluciones alcohólicas dando lugar a películas y recubrimientos con buenas características de permeabilidad al vapor de agua, así como presentan buenas propiedades mecánicas. También posee buenas características frente al termosellado. Las películas de proteína otorgan un brillo a productos recubiertos, pero sólo la zeína de maíz, ofrece un alto brillo aparente que iguala o incluso supera a los recubrimientos a base de resina (Weller *et al.*, 1998).

La zeína se ha utilizado comercialmente en productos de confitería y frutos secos. (Krochta, 2002; Jung y Gennadios, 2005). También, para frutos secos ha utilizado ésteres de amilasa con ácidos grasos en una bicapa proteína-ácidos grasos, a estos recubrimientos también se les incluyó zeína para reducir la pegajosidad (Gunnerson y Bruno, 1990).

2.13.5 Gluten de trigo

Este material se ha utilizado como un reemplazo del colágeno, en la manufacturación de recipientes de salsas (Marzo, 2010).

2.14. Mezclas o sistemas multicomponentes

Las películas comestibles deben ser heterogéneas por naturaleza. Se pueden hacer mezclas de polisacáridos, proteínas y/o lípidos. Al mezclar los componentes se tiene la habilidad de utilizar las distintas características funcionales para cada clase de formación de la película (Bósquez, 2003 citado por Morales, 2011).

2.15 Plastificantes

Son moléculas pequeñas de bajo peso molecular, de baja volatilidad y con una naturaleza química similar a la del polímero formador de recubrimiento. Se usan para mejorar la flexibilidad y la funcionalidad de los recubrimientos (Guzmán, 2003). El plastificante debe ser miscible con el polímero y de ser posible, soluble en el solvente. Los recubrimientos requieren de una concentración de plastificante entre el 10 y 60% (base seca) (Guzmán, 2003). Según Guilbert (1986). Los plastificantes comúnmente utilizados en alimentos son:

- a) Mono-, di- y oligosacáridos (glucosa, jarabes, miel).
- b) Polioles (sorbitol, glicerol, polietilenglicoles y sus derivados).
- c) Lípidos y derivados (ácidos grasos, monoacilgliceroles, derivados éster y surfactantes).

Dentro de los plastificantes más utilizados podemos mencionar al glicerol (Morales, 2011).

2.16 Tecnologías para la aplicación de RC y PC

Actualmente se desarrollaron varios métodos para la correcta aplicación de las matrices comestibles sobre los alimentos. Como se mencionó antes los RC se diferencian de las PC por el modo en que son aplicados. Las técnicas de Inmersión o Spray se utilizan para RC y el Casting para PC:

2.16.1 Inmersión

Este método consiste en la aplicación de las matrices comestibles sumergiendo el alimento en la solución filmogénica preparada. Se utiliza especialmente en aquellos alimentos cuya forma es irregular que requieren de una cobertura uniforme y gruesa. Es importante que el producto a tratar esté previamente lavado y secado, y que una vez retirado de la solución se deje drenar el excedente de solución para lograr un recubrimiento uniforme (Pérez y Báez, 2003).

2.16.2 Spray dried

Esta técnica se basa en la aplicación de la solución filmogénica presurizada. Permite obtener RC más finos y uniformes. Se usa en alimentos de superficie lisa o para la separación de componentes de distinta humedad de un alimento compuesto, por ejemplo en platos preparados como pizzas u otros.

2.16.3 Casting

Mediante esta técnica se obtienen películas o films premoldeados. Consiste básicamente en la obtención de una dispersión uniforme compuesta por biomoléculas (proteínas, polisacáridos, lípidos), plastificante y agua. Luego se vierte sobre una placa de material inocuo (acero inoxidable) donde se deja secar para que se forme el film o película. La velocidad de secado junto con la temperatura y humedad son condiciones determinantes para la calidad del film (transparencia, consistencia, propiedades mecánicas), por lo tanto deben ser controladas correctamente. Una vez finalizado el secado se tiene un film de gran tamaño, el cual es fraccionado para ser aplicado sobre los alimentos a tratar.

2.17 Principales Propiedades de PC y RC

De acuerdo a Olivas y Barbosa-Cánovas (2005) los RC y PC aplicados en la cadena hortofrutícola producen una atmósfera modificada en la fruta, reducen el deterioro, retrasan la maduración de frutas climatéricas, reducen la pérdida de agua, retardan los cambios de color, mejoran la apariencia, disminuyen la pérdida de aromas, reducen el intercambio de humedad entre trozos de frutas, transportan compuestos antioxidantes y estabilizantes de la textura, imparten color y sabor, y pudieran servir como transporte de otras sustancias. Entre las principales propiedades de los RC y PC pueden destacar las siguientes:

2.17.1 Propiedades de barrera

Para muchas aplicaciones, la característica funcional más importante de los RC es la resistencia a la migración de humedad. La deshidratación superficial constituye uno de los principales problemas en el mantenimiento de la calidad de los productos hortofrutícolas (Rojas-Graü, 2006).

La naturaleza del RC empleado desempeña aquí un papel muy importante: a mayor hidrofiliidad de los materiales utilizados, mayor permeabilidad al vapor de agua (Martín-Belloso *et al.*, 2005).

Los recubrimientos elaborados a partir de polímeros naturales, tales como los polisacáridos (almidón y derivados de la celulosa, alginatos, pectinas, gelano, carragenano, entre otros), así como aquellos a base de proteínas, muestran una baja resistencia al agua y poseen pobres propiedades de barrera como consecuencia de su naturaleza hidrofílica (Rojas-Graü, 2006).

Para mejorar las propiedades de barrera al vapor de agua de este tipo de recubrimientos se pueden incorporar lípidos, que emulsificados en la solución formadora de coberturas o formando una doble capa sobre el producto, pueden ayudar a prevenir reacciones degradativas del tejido como consecuencia de la pérdida de humedad, así como las reacciones respiratorias en los tejidos vegetales (García *et al.*, 2000.; Yang y Paulson, 2000.; Rojas-Graü *et al.*, 2006).

De esta manera se pueden formular coberturas comestibles combinando las ventajas de los componentes hidrocoloides y de los componentes lipídicos, éstos últimos como barrera al vapor de agua y los primeros como barrera selectiva al oxígeno y al dióxido de carbono, además de proveer una matriz de soporte estructural (Rojas-Graü, 2006).

Por otro lado, la habilidad de los RC para modificar el transporte de gases es importante para productos como frutas y vegetales frescos, los cuales son caracterizados por tener un metabolismo activo. Los RC aplicados a productos que respiran deben permitir una correcta modificación del entorno gaseoso dentro del envase (Gorris, 1992). Su uso sobre frutas permite la producción de una atmósfera modificada mediante un aislamiento del producto del ambiente que lo rodea (Olivas y Barbosa-Cánovas, 2005).

2.17.2 Propiedades mecánicas

La propiedad mecánica de la película comestible tiene un gran impacto en la estabilidad y flexibilidad a cambios de temperatura, y físicos en los ingredientes. Las propiedades mecánicas que mayormente se determinan son la fuerza y el porcentaje de elongación al quiebre, el cual representa la habilidad de la película a estriarse. Las propiedades mecánicas de los RC dependen en gran medida de la composición y estructura de los ingredientes. Por lo tanto, la elección de las sustancias a emplear y/o aditivos activos a añadir están totalmente relacionadas con la función para la cual se desea utilizar la cobertura comestible, la naturaleza del alimento y el método de aplicación (Rojas-Graü, 2006 citado por Olivas y Barbosa-Cánovas, 2005). Cuando el material empleado para recubrir se coloca en la superficie de las frutas, se desarrollan dos fuerzas: cohesión de las moléculas dentro de la cobertura y adhesión entre el recubrimiento y la fruta. El grado de cohesión de los RC gobierna las propiedades de barrera y mecánicas de las coberturas. Una alta capacidad de adhesión asegura una durabilidad larga del recubrimiento en la superficie de la fruta.

2.17.3 Propiedades físicas

Las propiedades físicas más importantes para los recubrimientos comestibles Se encuentran: color, opacidad aparente, transparencia, solubilidad,

permeabilidad al vapor de agua y a los gases (oxígeno, monóxido de carbono, etileno), y aquellas relacionadas con la resistencia mecánica (Roblejo, 2009)

2.17.4 Propiedades ópticas

En el aspecto sensorial, y en sentido amplio, se pueden considerar como propiedades ópticas todas aquellas que se perciben con el sentido de la vista. A las ya enunciadas pueden añadirse la forma, el tamaño y las características de superficie rugosidad, manchas y defectos (Roblejo, 2009).

2.17.5 Propiedades de solubilidad

La solubilidad es una medida de la integridad de los recubrimientos en un medio acuoso. Generalmente, mayor solubilidad indica menor resistencia al agua. Esta propiedad afecta la futura aplicación de los recubrimientos (Roblejo, 2009).

2.17.6 Propiedades de espesor

La mayoría de los recubrimientos comestibles son de naturaleza hidrofílica (Park y Chinnan, 1995). Se ha encontrado una relación dependiente positiva entre la permeabilidad al vapor del agua y el espesor de los recubrimientos. Consideran que a medida que el espesor de los recubrimientos aumenta, se incrementa la resistencia a la transferencia de masa a través de ella, en consecuencia, la presión parcial de vapor del agua de equilibrio en la superficie inferior de la cubierta se incrementa. Otros autores atribuyen el efecto del espesor a cambios en la estructura del recubrimiento ocasionados por el hinchamiento que provoca el agua en el polímero.

2.17.7 Transporte de aditivos

Un uso potencial de los RC en fruta lo constituye la retención y el transporte de aditivos, tales como antioxidantes, antimicrobianos, estabilizantes de la textura, colorantes, saborizantes, compuestos bioactivos o funcionales, entre otros, que podrían conferir un beneficio añadido al recubrimiento. Por ejemplo, el enriquecimiento de los RC con aditivos funcionales permite mejorar aspectos de calidad, tanto nutricionales como estéticos, sin destruir la integridad del alimento (Rojas-Graü, 2006).

2.17.8 Permeabilidad

En los recubrimientos comestibles durante el transporte de gas pueden ocurrir dos mecanismos: difusión capilar y difusión activa la primera de estas ocurre en materiales que son porosos o que presentan imperfecciones, y la difusión activa incluye la solubilización del gas en la cubierta, difusión a través de la cubierta y finalmente el paso al otro lado de la cubierta, la velocidad de difusión aumenta con el tamaño y el número de cavidades, causadas por la presencia de sustancias como los plastificantes. Por lo tanto, la difusión activa dependerá del tamaño y polaridad del penetrante, de la cristalinidad, de los enlaces y movimiento de las cadenas del polímero (Yu, 2004).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materia prima

Para la realización de la cubierta comestibles se emplearon glicerol al 1%, cloruro de calcio al 0.2% y mucílago de chía (*Salvia hispánica*) de tres variedades, las cuales fueron chía blanca (A), chía café (B), chía negra (C).

3.2 Producción de mucílago de chía

La extracción del mucílago de la semilla de chía se llevó a cabo de acuerdo a la metodología descrita por Muñoz *et al.*, (2012a) con algunas modificaciones. Para este trabajo se extrajo el mucilago de chía (*Salvia hispánica*) se pesaron 50 g de chía y se disolvieron en 500 ml de agua destilada manteniendo en reposo durante 30 min. Posteriormente se molió la semilla en una licuadora con un tiempo de 15 segundos durante tres ciclos cada una de las muestras, y se centrifugan (Centrífuga Sorvall Evolution Rc) a 5000 rpm, por un tiempo prolongado de 30 minutos a una temperatura de 25°C. La semilla por último se decanta el mucilago y se desecha el precipitado.

Se estimó la obtención de mucílago de chíá de cada una de las variedades mediante los mililitros recuperados después de la centrifugación. (Figura 3)

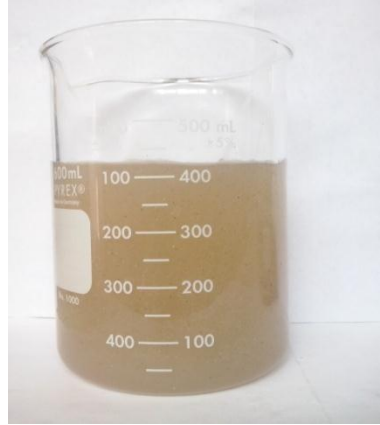


Figura 3. Mucílago de semilla de *Salvia hispánica* extraído por centrifugación.

3.3 Elaboración de recubrimientos comestibles

3.3.1 Elaboración de recubrimientos empleando mucilago de *Salvia hispánica* de 3 variedades

Es necesario disolver el CaCl_2 al 1% en agua destilada a una temperatura de 50 °C, posteriormente se adiciona el mucilago y se agita, finalmente se adiciona el plastificante o glicerol (0.2%), se posteriormente enfria a 40 °C para obtener un recubrimiento con una concentración de 21% de mucílago.

3.4 Material biológico

Se empleó una cepa de *Aspergillus* sp perteneciente al Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la UAAAN.

3.4.1 Siembra en PDA para activar nuevamente el hongo.

Preparación de medio de cultivo PDA en el cual se resembró el hongo de *Aspergillus* sp. Se incubó a una temperatura de 35° C x 48 hr.

3.4.2 Conteo de esporas

Se preparo una solución tween 80 al 1% para realizar una separación de las esporas del hongo y posteriormente contarlas

3.4.3 Inoculo

Una vez obtenido el número de esporas fueron inoculadas en el fruto de acuerdo al tratamiento antes mencionado.

3.4.4 Tratamientos

T1.- testigo

T2.-sin cubierta inoculado

T3.-con cubierta

T4.- con cubierta inoculada

3.5 Caracterización de los recubrimientos comestibles

3.5.1 Color

El color de las muestras se evaluó utilizando un colorímetro (Konica Minolta modelo CR-400) (figura 4) las muestras se colocaron sobre un fondo blanco y se determinaron las coordenadas Y, X, y para cada muestra a tiempo de 0, 4, 8, 10, 13 y 16 días.



Figura 4. Colorímetro Konica Minolta modelo CR-400.

3.5.2 Pérdida de peso

La pérdida de peso se registró cada tercer día por el lapso de tres semanas que duró el experimento mediante el uso de una balanza gravimétrica (Explorer, OHAUS).

3.5.3 Grados Brix

Los grados brix al igual que la pérdida de peso se registraron al inicio del experimento y al final del mismo con un refractómetro.

3.5.4. Determinación de calidad de la semilla de chía

La calidad de la semilla de chía se determinó mediante la disolución de 5 gramos de chía de cada variedad en un tiempo de 1 minuto de reposo y se decanta precipitado para posteriormente determinar su peso.

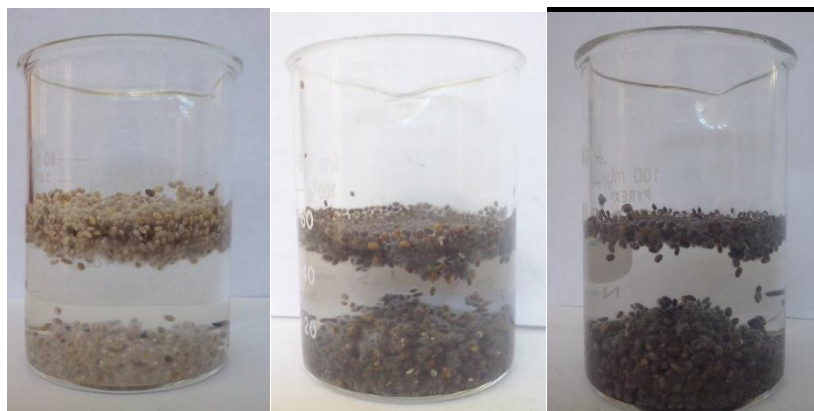


Figura 5. Determinación de grado de calidad de 3 variedades de chía

3.6 Variedades de chía

Se analizaron tres variedades de chía (*Salvia hispanica*) blanca (A), café (B) y negra (C) para evaluar la mayor producción de mucílago.

3.7 Frutos

Para este estudio se emplearon jitomates (*Solanum lycopersicum*), uvas (*Vitis vinifera*) y manzanas (*Malus domestica*); los cuales fueron adquiridos de un supermercado de la localidad en el mes de septiembre. Para cada tratamiento se emplearon 5 repeticiones o frutos.

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Determinación de la calidad de la semilla de chía

En la determinación de la calidad de la semilla de chía podemos observar en la Figura 6 que la mayor producción de mucílago se presenta con la chía negra con un 86%, lo que indica que la *Salvia hispánica* negra es la variedad que presenta menor cantidad de semilla vana, en comparación con la variedad blanca o café.

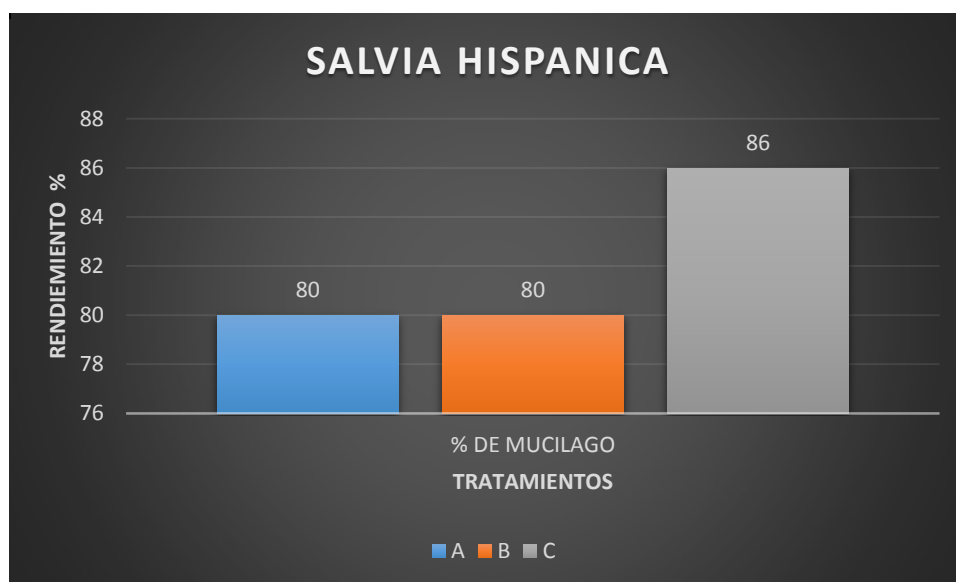


Figura 6. Determinación de la calidad de la semilla de *S. hispánica* blanca (A), café (B) y negra (C) para la producción de mucílago.

4.2 Grados Brix

4.2.1 *Salvia hispanica* blanca (A)

Los grados Brix o contenido de sólidos solubles totales están constituidos por 80 a 95% de azúcares (Fischer y Martínez, 1999). El contenido de sólidos solubles totales aumentó conforme pasaba el tiempo debido al incremento en la madurez de los frutos. Para el caso de la manzana no se observó un incremento significativo, a excepción del T4. Este incremento puede ser debido a que los frutos no fueron clasificados de acuerdo a su estado de madurez, lo cual pudo haber influido y aumentar el valor de sólidos solubles totales. Lo anterior también puede ser reflejo en el caso del T2 donde hay un decremento, sin embargo, Nocoa (2006) menciona que después de 20 días de almacenamiento los frutos disminuyen su contenido de sólidos solubles totales.

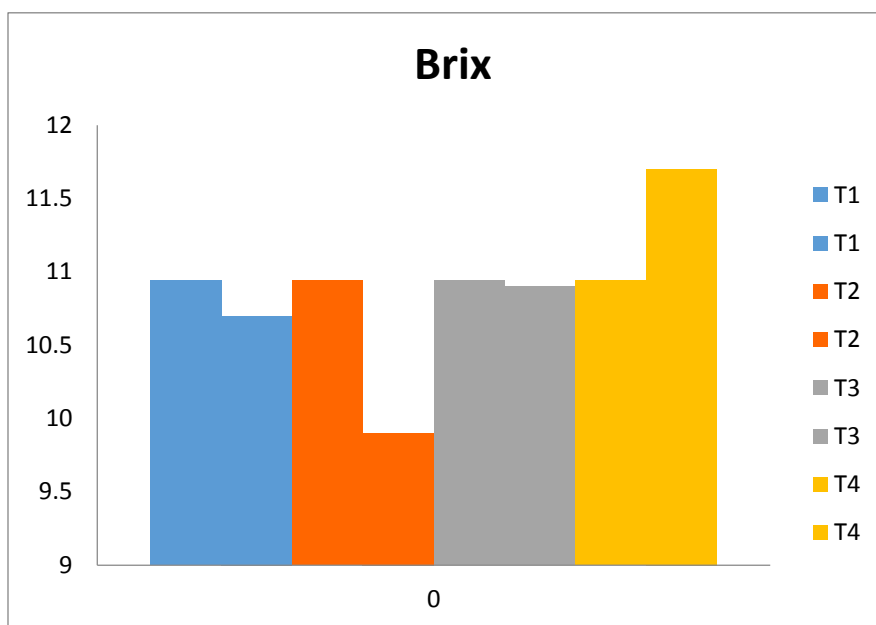


Figura 7. Determinación de grados brix en manzana.

La uva tiene un grado de descomposición rápida, es por eso que se debe de estar sacando muestras de ° Brix para poder sacar un buen vino o en su defecto darle un uso correcto dependiendo el fin que se le dé para consumo humano o para la industria. La figura 8 muestra el contenido de solidos solubles totales y observamos que conforme pasa el tiempo el contenido de Brix aumenta considerablemente en la uva, aumentando sus niveles de azucares los cuales pueden ser altamente fermentables.

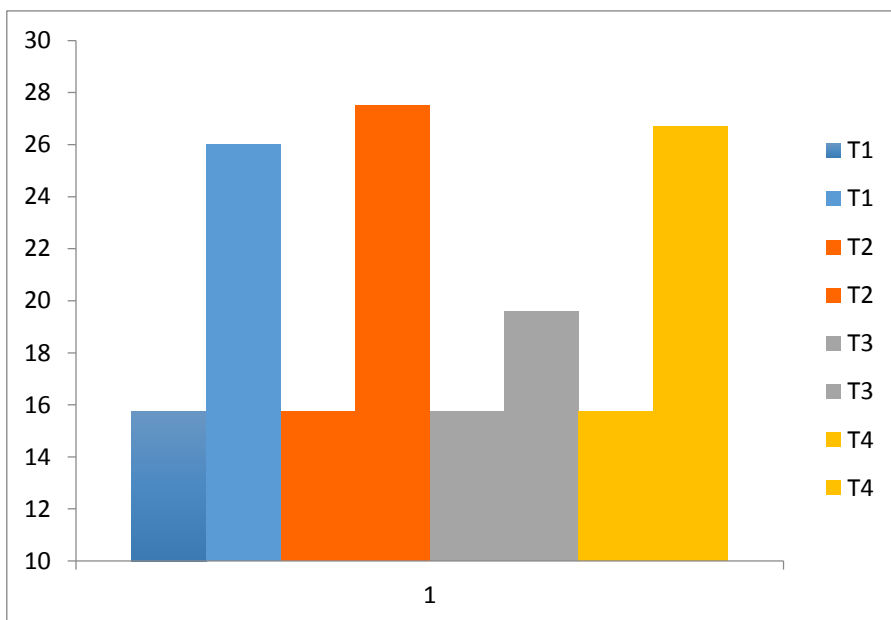


Figura 8. Determinación de grados brix en uva.

Los jitomates se colocaron sobre charolas con su ápice hacia abajo lo cual evitó una elevada tasa de respiración, con la consecuente disminución de los grados Brix, sin embargo, en el T3 y T4 se observa un incremento debido a que aumentó su concentración de azúcares totales figura 9. Estos valores no coinciden con los presentados por Dyna (1977) ya que en frutos con cubiertas a base de almidón el incremento en la maduración es más lento.

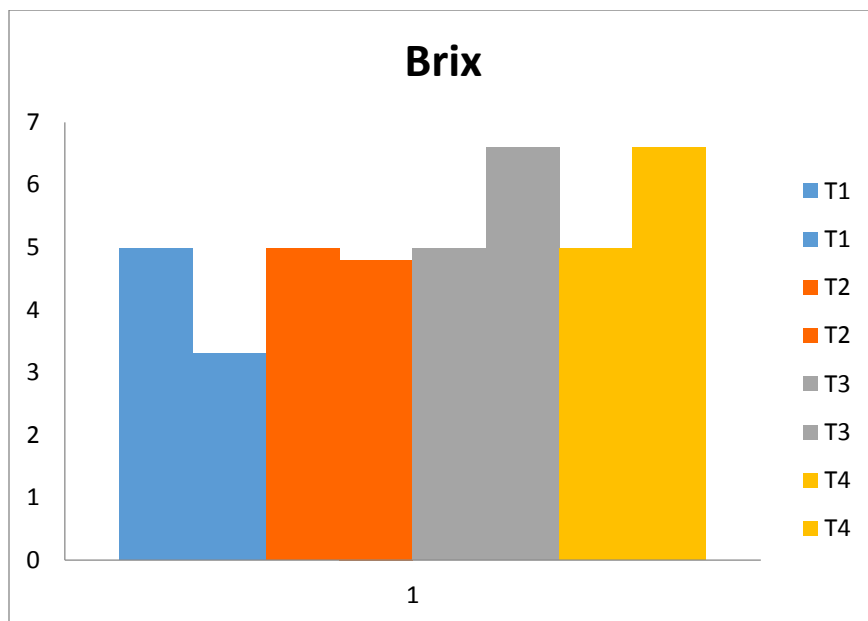


Figura 9. Determinación de grados brix en jitomate.

4.2.2 *Salvia hispanica* café (B)

En la figura 10 podemos observar que en la manzana no existe variación significativa en los grados brix. en cuestión a su desarrollo este es estable. Por lo que esto está relacionado con el nivel de maduración de la fruta.

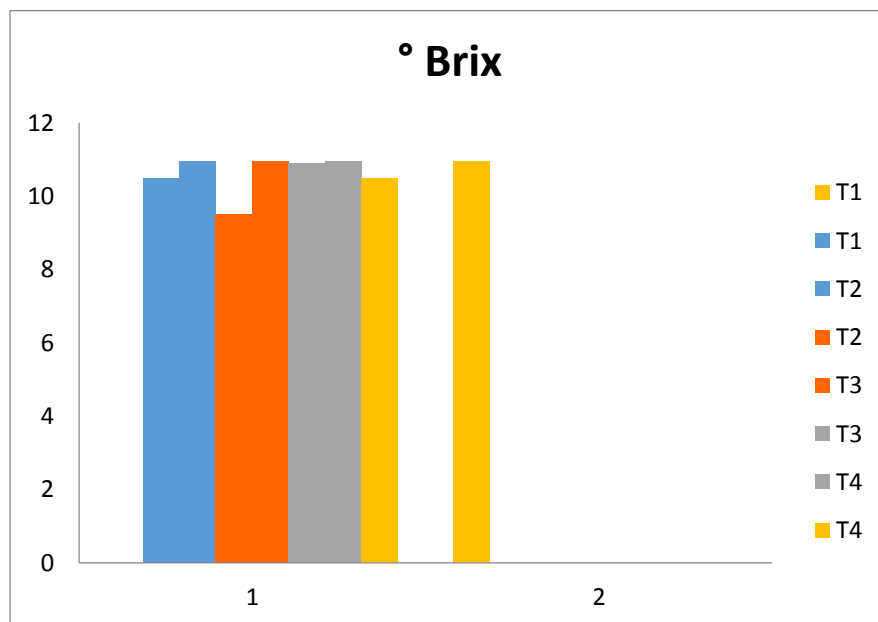


Figura 10. Determinación de grados brix en manzana.

En la figura 11 se observa un incremento en los grados brix durante el tiempo transcurrido. A los 16 días del experimento se puede observar que hubo un incremento constante en los grados brix en todos los tratamientos ya que del total de materias disueltas en el mosto, el 90% de las mismas son azúcares fermentables (Amerine *et al.*, 1976), fundamentalmente fructosa y glucosa casi al 50% (Hidalgo, 1999).

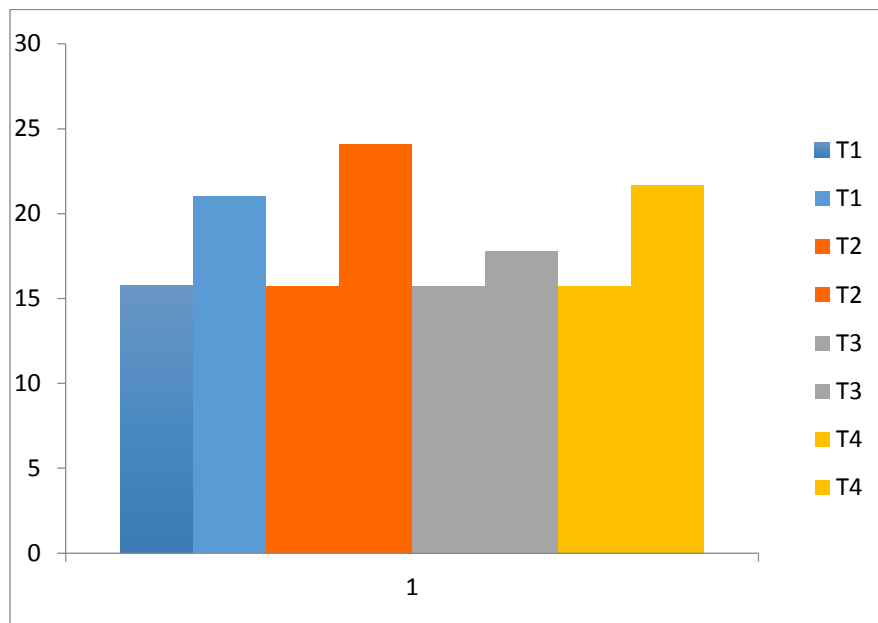


Figura 11. Determinación de grados brix en uva.

En la figura 12 podemos observar el comportamiento del jitomate en cuanto a su grado de maduración ya que su proceso es muy precoz en el desarrollo del incremento de los grados brix. Por lo que se observa claramente que conforme pasa el tiempo los solidos solubles aumentan debido al aumento de la maduración. Los hidratos de carbono sufren cambios bioquímicos durante la maduración. La degradación de los polisacáridos de las membranas celulares, ejercen una contribución importante sobre el aumento en contenido de azúcares. La proporción de estos sólidos se expresa en 16 grados Brix y se mide en el refractómetro (Guzmán, 1998). Un tomate de calidad debe tener en su estado de madurez al menos 4.5 ° Brix (Villarreal, 1982).

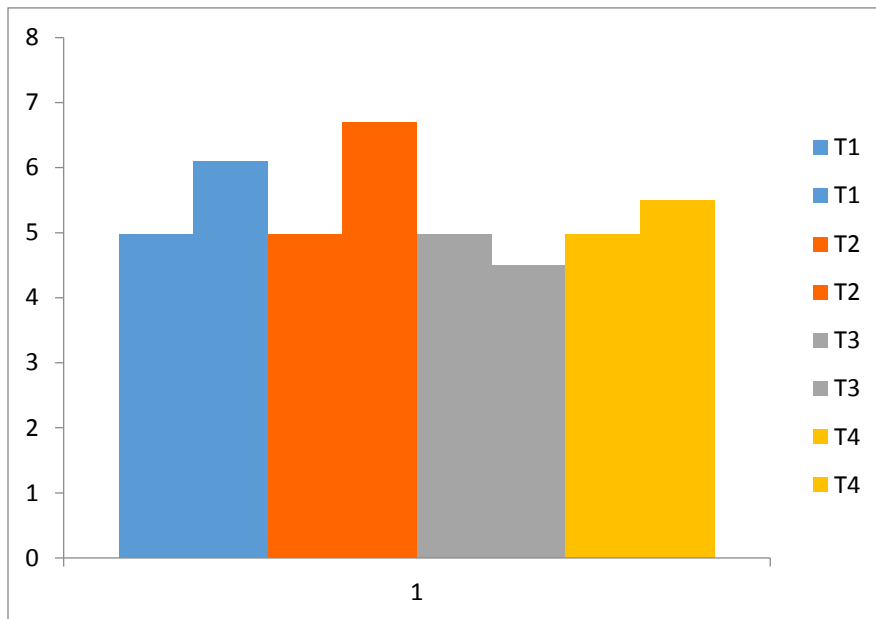


Figura 12. Determinación de grados brix en jitomate.

4.2.3 *Salvia hispanica* negra (C)

En la figura 13 podemos observar que en la manzana no existe variación significativa en el contenido de grados brix.

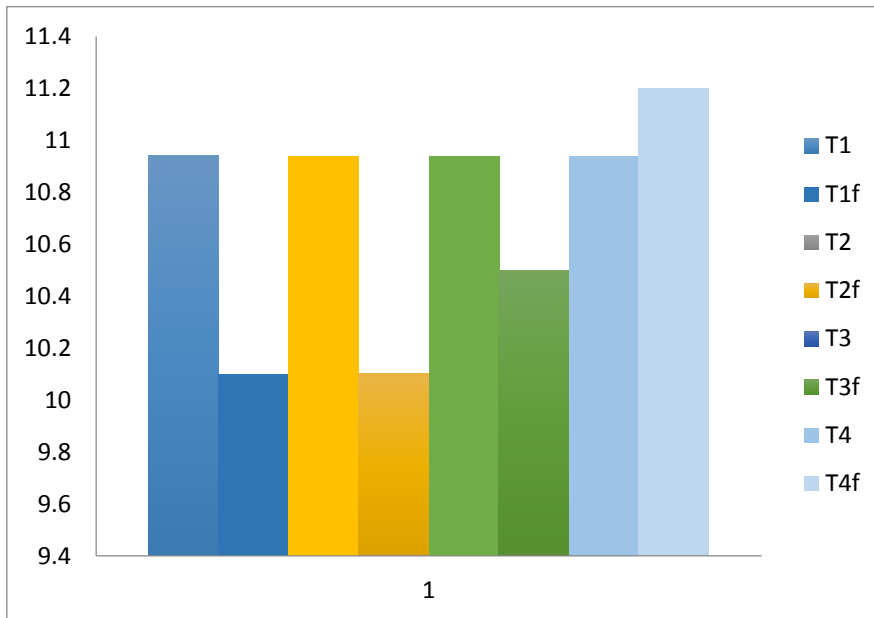


Figura 13. Determinación de grados brix en manzana

La uva tiene variaciones entre tratamientos, lo que indica que la uva es un fruto que aumenta considerablemente sus niveles de azúcares en función del tiempo, y esto se puede apreciar en la figura 14.

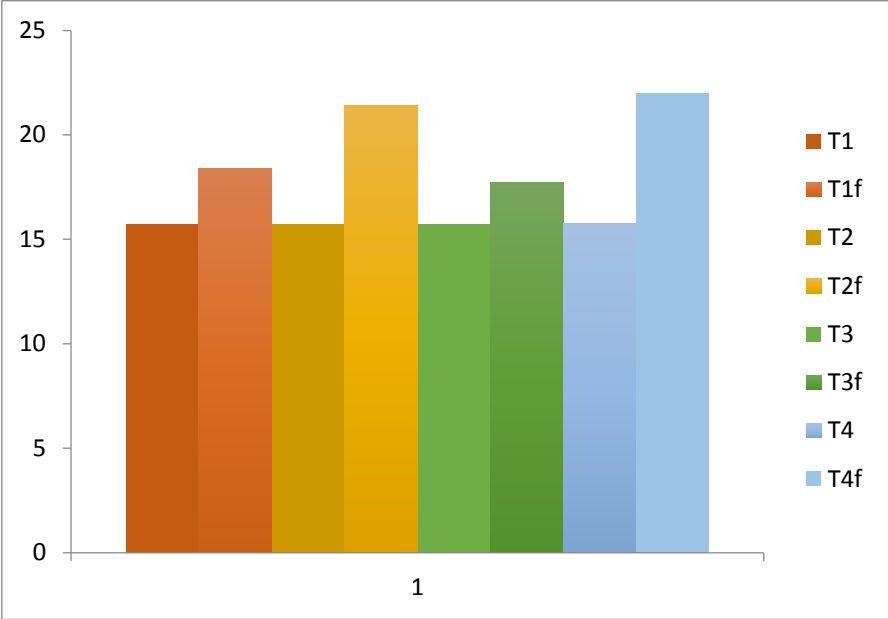


Figura 14. Determinación de grados brix en uva

En la figura 15 se pueden observar los resultados obtenidos del comportamiento de los frutos en función del tiempo; y se puede apreciar que no hay diferencias significativas entre tratamientos.

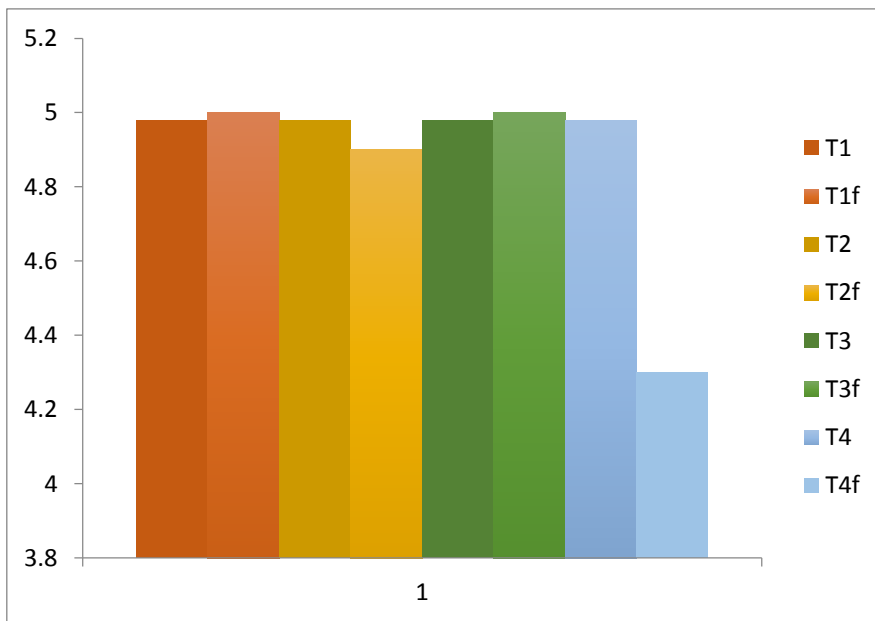


Figura 15. Determinación de grados brix en jitomate

4.3 Pérdida de peso

4.3.1 *Salvia hispánica* blanca (A)

En la figura 16 se puede observar que durante los primeros 4 días no existen diferencias significativas entre tratamientos, en manzanas; sin embargo, a partir de los 8 días se presenta un aumento en la pérdida de peso en el tratamiento control (T1) con respecto a los demás; la pérdida de peso alcanza valores del 90% en T1, mientras que en el T2, T3 y T4 es del 50% no mostrando diferencias significativas entre ellas. Esto se puede deber a que el recubrimiento comestible a base de mucílago de chíá actúa como una barrera de pérdida de gases y humedad, aumentando así su vida de anaquel. Petit-Jimenez *et al.*, (2004) demostraron que aplicaciones de 0,5% de calcio combinado con cera comestible puede reducir la tasa respiratoria, pérdida de peso sin afectar los parámetros de calidad de los frutos durante el almacenamiento por 15 días a 20°C.

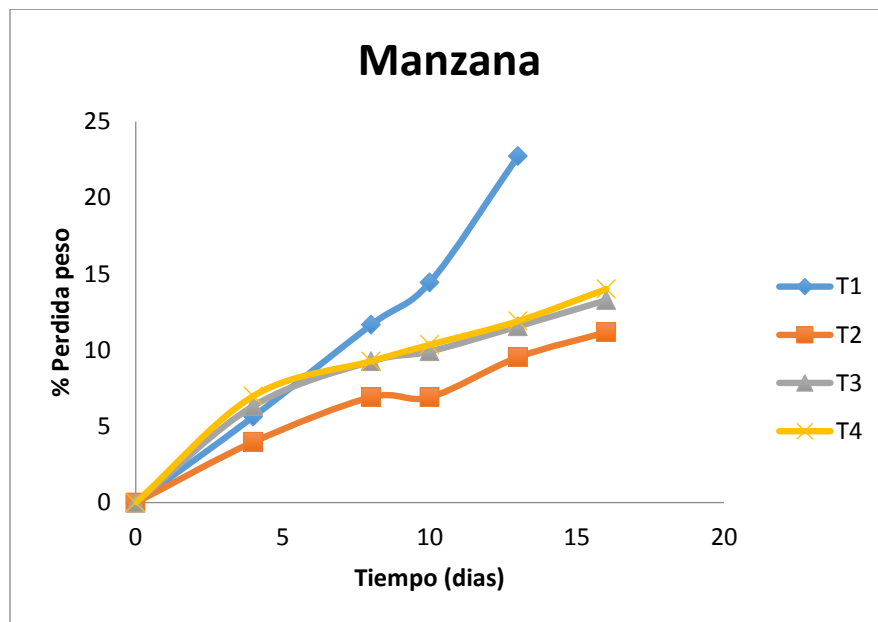


Figura 16. Pérdida de peso en tratamientos de manzana.

En la figura 17. La única variabilidad en cuanto a la pérdida de peso es del tratamiento T1. Testigo teniendo una pérdida de peso del 91 %, en cuanto a los tratamientos T2,T3 y T4 solo existe varianza en los primeros cinco días des pues su perdida es homogénea teniendo una pérdida de peso menor el T2

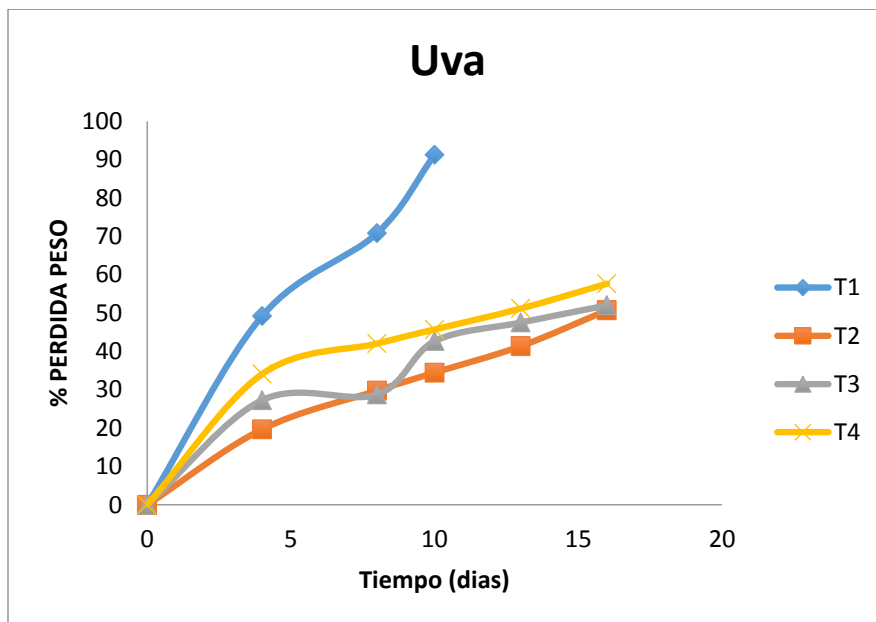


Figura 17. Pérdida de peso de tratamientos en uva.

Los resultados de pérdida de humedad en cuanto a el jitomate inician perdiendo humedad durante los primeros 5 días principalmente el tratamiento T4 y T3 después tienden a homogenizarse y empiezan a perder menor peso en el transcurso del experimento esta característica se refleja por el recubrimiento comestible aplicado con referencia los otros dos tratamiento T1 y T2 su pérdida de peso es constante e incrementa a través de los días.

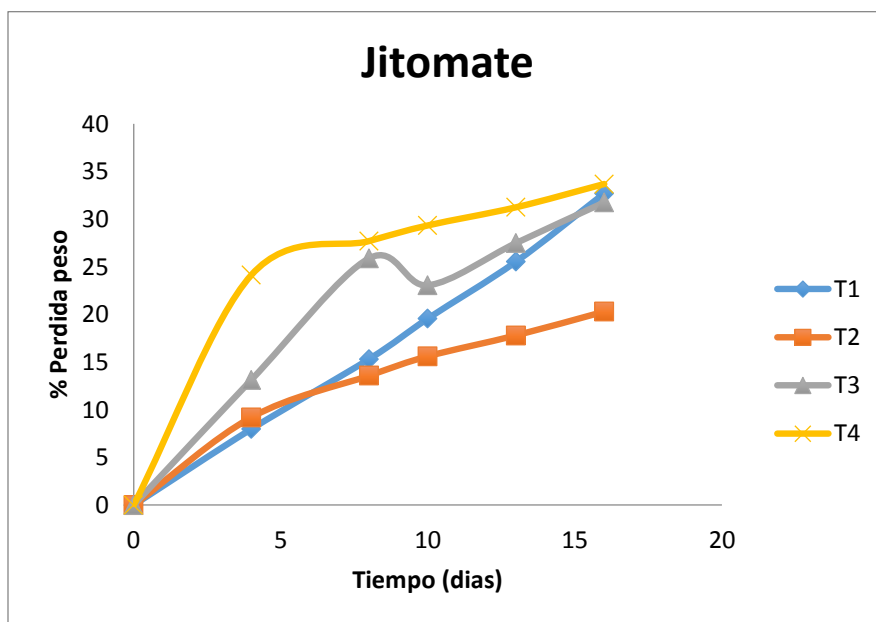


Figura 18. Pérdida de peso de tratamientos en jitomate.

4.3.2 *Salvia hispanica* café (B)

En la gráfica podemos observar detallada mente que no existe una pérdida de peso insignificante con respecto del tratamiento T3 y T4 que fueron los tratamientos con cubierta y en todo el transcurso del experimento se pudo notar que pérdidas excesivas de peso no hubo más que en estos dos tratamientos con una pérdida de peso del 12 % de su peso mientras que en las muestras T1 y T2 sin cubierta existió una pérdida de peso menor la cual fue de 9 % de su peso.

Las pérdidas de peso en los frutos se incrementan como consecuencia de la transpiración después de la cosecha y significa una disminución de la calidad y aceptabilidad, estas pérdidas suelen ocasionar mermas superiores al 5% durante la comercialización, al 7 % en la conservación frigorífica durante tres meses y posterior comercialización (Jiménez -Cuesta y col., 1983). Las condiciones de baja humedad provocan un incremento de la transpiración y por tanto una elevada pérdida de agua, lo que acelera la senescencia del fruto y una marcada pérdida de la calidad, tanto por la aparición de arrugas en la corteza como por el encogimiento y ablandamiento (Guerra, 1996).

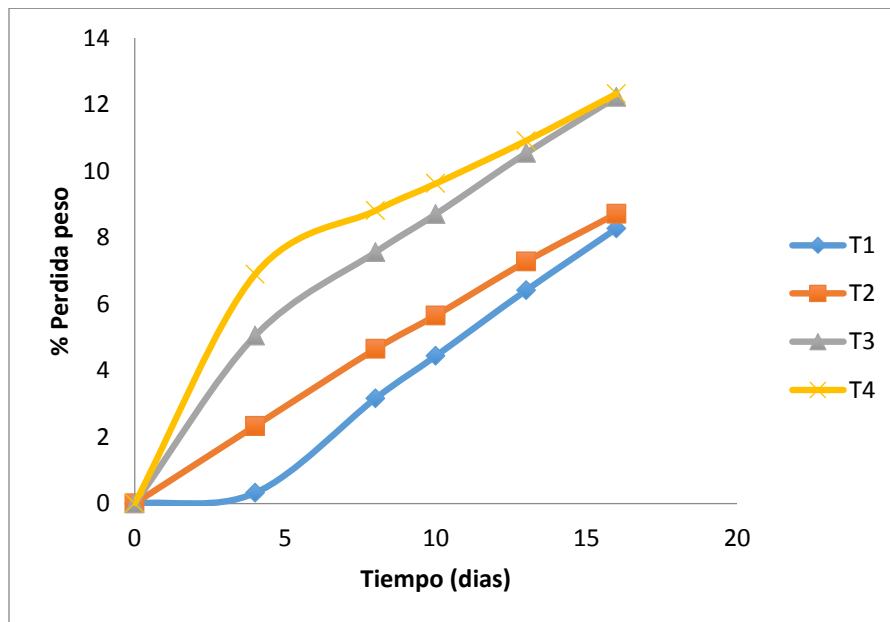


Figura 19. Pérdida de peso de tratamientos en manzana.

En la uva se observó una gran pérdida de peso en un 58 % de su peso en todos los tratamientos destacando el T3 con una pérdida de peso menor pero su variación en comparación a su pérdida de peso es significativa a los demás de igual manera se le aplicó el recubrimiento como al T4 existiendo una pérdida casi igual entre todos los tratamientos. Aunque la mayoría de las investigaciones reporta una efectividad de los recubrimientos comestibles para reducir la pérdida de peso no se ha reportado que su combinación con bacterias biocontroladoras intervengan en la retención de peso en alimentos. un ejemplo de estudios en donde se estudió la pérdida de peso, es el caso de Garcia et al. (2000).

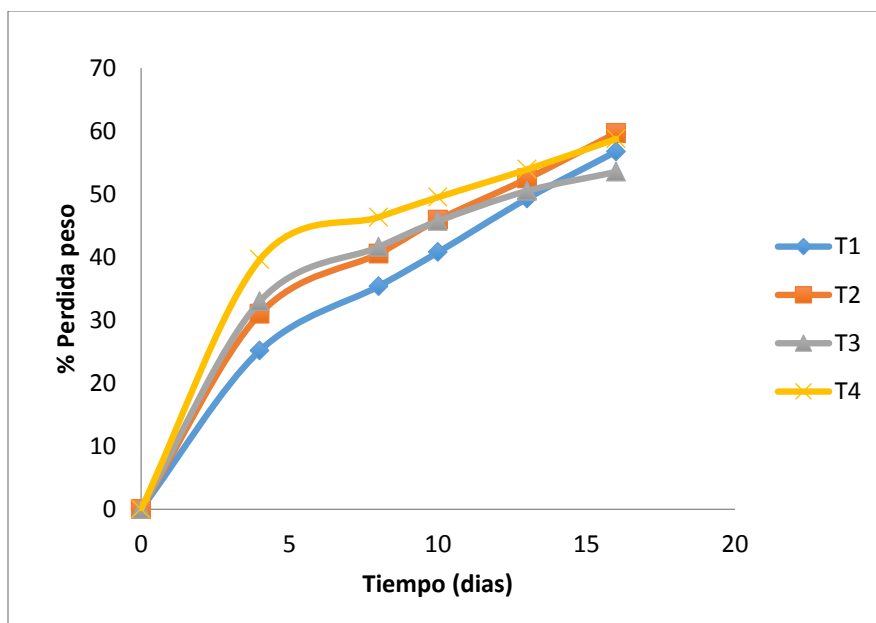


Figura 20. Pérdida de peso de tratamientos en uva.

En comparación con algunas literaturas en este dato de pérdida de peso con relación al tratamiento sin cubierta contra el tratamiento con cubierta existe una gran variabilidad de acuerdo al peso como se observa en la gráfica el tratamiento uno y dos fueron los que obtuvieron menor pérdida de peso y en cuanto a los tratamientos tres y cuatro se obtuvo un perdido de pesa mayo.

Los frutos recubiertos tuvieron una significativa reducción en la pérdida de peso comparado con aquellos sin recubrir. Este retardo se explica principalmente por la disminución en la pérdida de agua debido a las propiedades de barrera al vapor del MGA (Avena-Bustillos y Krochta, 1993).

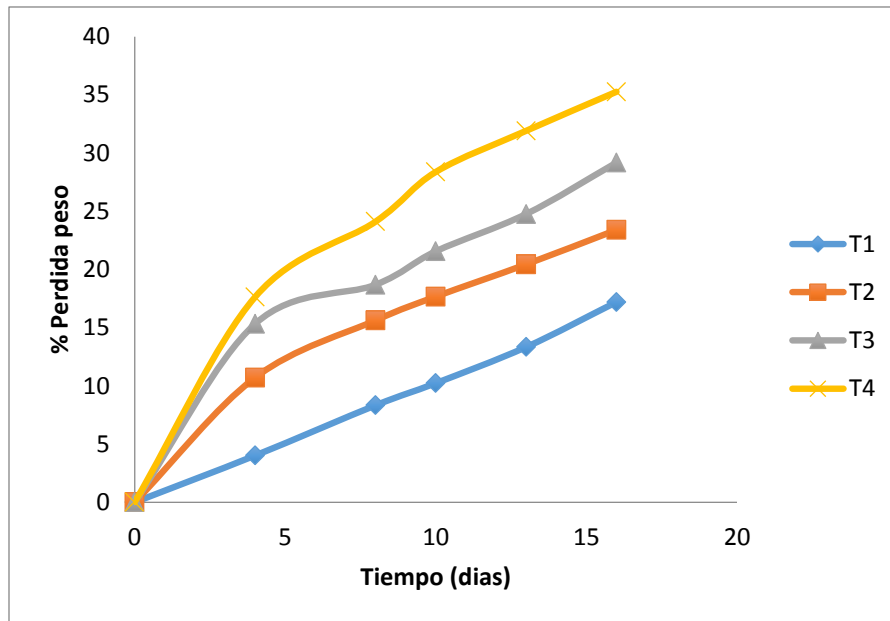


Figura 21. Pérdida de peso de tratamientos en jitomate.

4.3.3 *Salvia hispánica* negra (C)

En esta figura 22. Observamos la pérdida de peso significativa de los tratamientos T3 y T4 con una pérdida del 12 % de su peso mientras que en los tratamientos T1 y T2 la pérdida de peso es menor esto pudiera ser por la clasificación de sus características.

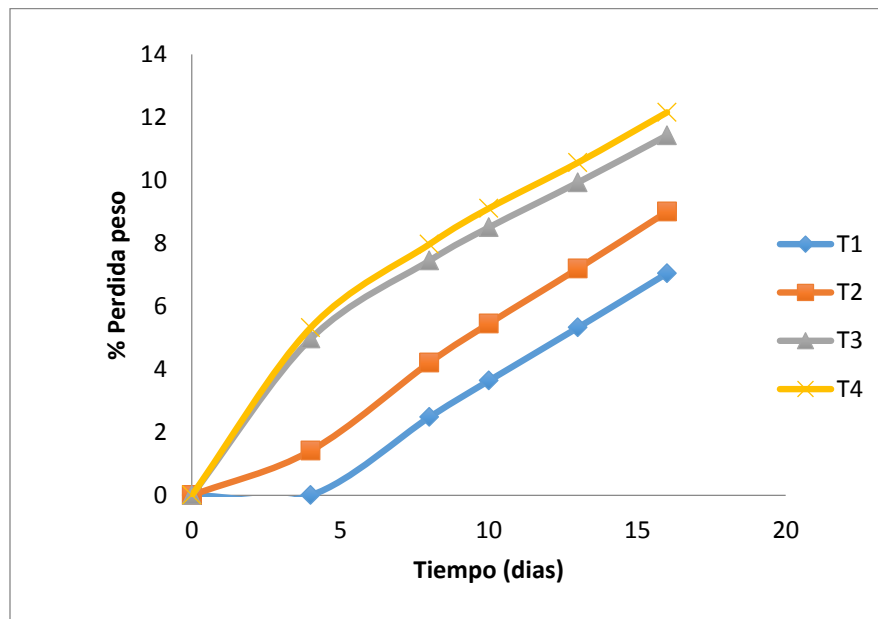


Figura 22. Pérdida de peso de tratamientos en manzana.

En la pérdida de peso de húmeda de las uvas observamos la varianza entre los tratamientos con cubierta y los tratamientos sin, la varianza en cuanto a su pérdida de peso es del 15 % de su peso normal.

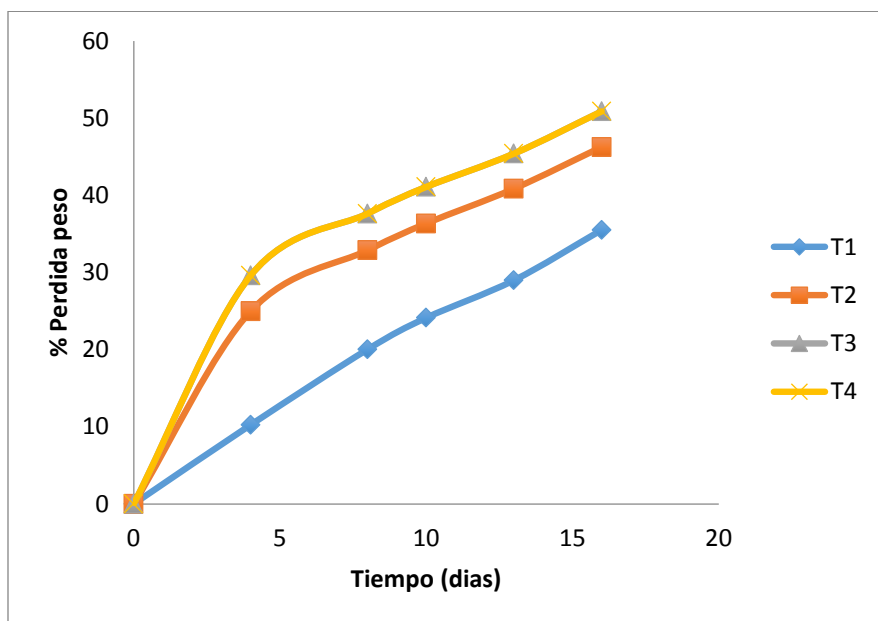


Figura 23 .Pérdida de peso de tratamientos en uva.

En la figura 24 podemos ver claramente que la pérdida de peso es homogénea para ambos tratamientos solo diferenciaron en su pérdida de peso inicial de los 5 días en adelante la pérdida de peso fue en incremento para ambos.

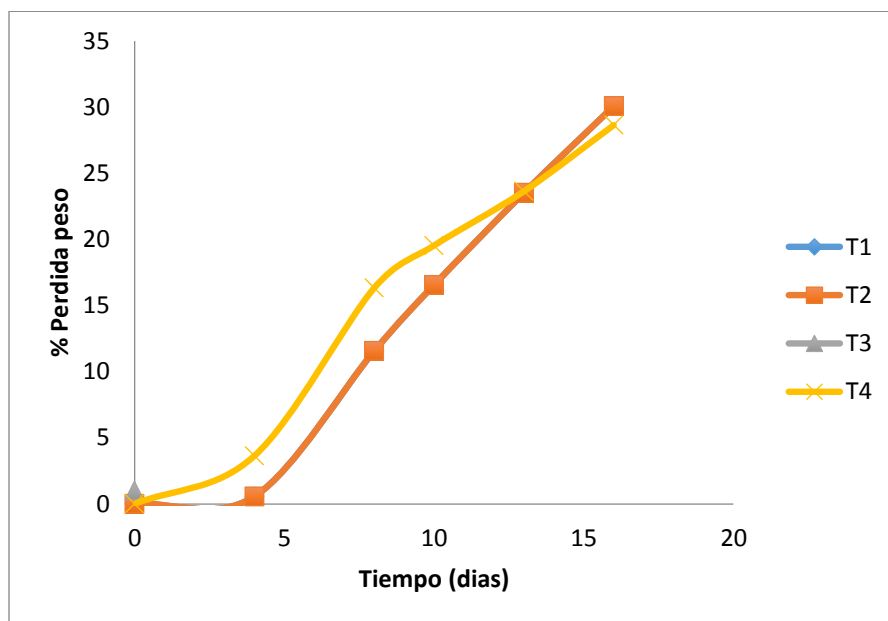


Figura 24. Pérdida de peso de tratamientos en jitomate.

4.4 Color

4.4.1 *Salvia hispanica* blanca (A)

La colorimetría es la ciencia que estudia la medida de los colores y que desarrolla métodos para la cuantificación del color, es decir la obtención de valores numéricos del color. El color de los productos agrícolas contribuye a la evaluación de la calidad. Los consumidores tienden a asociar el color con sabor, la seguridad, el tiempo de almacenamiento, la nutrición y el nivel de satisfacción por el hecho de que se correlaciona bien con las evaluaciones físicas, químicas y sensoriales de la calidad de los alimentos (Rodríguez, 2014).

En el cuadro 6 se puede observar que en el T1 o control, conforme pasa el tiempo disminuye su valor de L (luminosidad) lo cual puede ser debido al aumento en la maduración y pérdida de peso. En el T2, T3 y T4 no se observan diferencias significativas.

Cuadro 6. Determinación de color en manzanas

| T1 Control | | | | T2 Inoculo | | | |
|------------|--------|---------|---------|------------|--------|---------|---------|
| DIAS | L | A | B | DIAS | L | A | B |
| 0 | 47.496 | 0.37634 | 0.42436 | 0 | 47.496 | 0.37634 | 0.42436 |
| 4 | 49.962 | 0.38204 | 0.41966 | 4 | 46.116 | 0.38474 | 0.42736 |
| 8 | 48.448 | 0.38472 | 0.41524 | 8 | 45.992 | 0.39274 | 0.42044 |
| 10 | 48.294 | 0.39152 | 0.4189 | 10 | 46.010 | 0.3884 | 0.41968 |
| 13 | 44.136 | 0.3914 | 0.42416 | 13 | 46.842 | 0.392 | 0.4185 |
| 16 | 42.358 | 0.3992 | 0.4081 | 16 | 47.206 | 0.39718 | 0.42084 |

| T3 Cubierta | | | | T4 Cubierta + Inoculo | | | |
|-------------|--------|---------|---------|-----------------------|--------|---------|---------|
| DIAS | L | A | B | DIAS | L | A | B |
| 0 | 47.496 | 0.37634 | 0.42436 | 0 | 47.496 | 0.37634 | 0.42436 |
| 4 | 46.7 | 0.3835 | 0.424 | 4 | 42.948 | 0.38512 | 0.43488 |
| 8 | 43.35 | 0.3804 | 0.4203 | 8 | 45.070 | 0.38736 | 0.4229 |
| 10 | 45.40 | 0.3904 | 0.42132 | 10 | 42.848 | 0.3891 | 0.42262 |
| 13 | 48.538 | 0.39034 | 0.4159 | 13 | 43.918 | 0.3973 | 0.42382 |
| 16 | 48.018 | 0.39368 | 0.41522 | 16 | 44.054 | 0.39838 | 0.41968 |

En el cuadro 7 se puede observar que en el T1 o control, conforme pasa el tiempo disminuye su valor de L (luminosidad) primordialmente en el día 10 lo cual puede ser debido al deterioro en la maduración y pérdida de peso excesiva. En el T2, T3 y T4 no se observan diferencias significativas.

Cuadro 7. Determinación de color en uvas

| T1 Control | | | | T2 Inoculo | | | |
|------------|---------|---------|---------|------------|-------|---------|---------|
| DIAS | L | a | B | DIAS | L | A | B |
| 0 | 6.6 | 0.33182 | 0.3077 | 0 | 6.6 | 0.33182 | 0.3077 |
| 4 | 6.3 | 0.32368 | 0.30336 | 4 | 7.584 | 0.32694 | 0.3035 |
| 8 | 6.56 | 0.32588 | 0.29916 | 8 | 6.506 | 0.32498 | 0.3059 |
| 10 | 0.32854 | 0.30238 | 2.034 | 10 | 6.264 | 0.32204 | 0.30456 |
| 13 | 6.792 | 0.31914 | 0.29624 | 13 | 6.882 | 0.32052 | 0.30078 |
| 16 | 5.31 | 0.31394 | 0.30034 | 16 | 5.364 | 0.32604 | 0.30968 |

| T3 Cubierta | | | | T4 Cubierta + Inoculo | | | |
|-------------|-------|---------|---------|-----------------------|-------|---------|---------|
| DIAS | L | a | B | DIAS | L | A | B |
| 0 | 6.6 | 0.33182 | 0.3077 | 0 | 6.6 | 0.33182 | 0.3077 |
| 4 | 7.602 | 0.32722 | 0.30492 | 4 | 7.346 | 0.31988 | 0.30312 |
| 8 | 6.45 | 0.3283 | 0.3141 | 8 | 6.204 | 0.32534 | 0.31118 |
| 10 | 6.186 | 0.32874 | 0.31094 | 10 | 6.486 | 0.3217 | 0.30756 |
| 13 | 6.842 | 0.32404 | 0.30604 | 13 | 6.376 | 0.32448 | 0.30888 |
| 16 | 8.878 | 0.31896 | 0.43782 | 16 | 9.378 | 0.31858 | 0.29796 |

En el cuadro 8 se puede observar que conforme pasa el tiempo disminuye su valor L (luminosidad) o aumenta radicalmente primordial mente con algunas varianzas en cuanto a los tiempos pero llegando al final con un peso mayor esto pudiera ser por la degradación de solutos de la fruta En el T1, T2, T3 y T4 no se observan diferencias significativas.

Cuadro 8. Determinación de color en jitomate

| T1 Control | | | | T2 Inoculo | | | |
|------------|--------|---------|---------|------------|--------|---------|---------|
| DIAS | L | A | B | DIAS | L | A | B |
| 0 | 10.634 | 0.44812 | 0.34192 | 0 | 10.634 | 0.44812 | 0.34192 |
| 4 | 12.166 | 0.42066 | 0.33288 | 4 | 12.126 | 0.42266 | 0.33154 |
| 8 | 11.042 | 0.44086 | 0.3429 | 8 | 11.192 | 0.45292 | 0.3434 |
| 10 | 10.752 | 0.43394 | 0.3424 | 10 | 10.89 | 0.44806 | 0.3409 |
| 13 | 10.476 | 0.42846 | 0.33918 | 13 | 11.248 | 0.4459 | 0.34032 |
| 16 | 12.974 | 0.39442 | 0.32516 | 16 | 13.006 | 0.407 | 0.32218 |

| T3 Cubierta | | | | T4 Cubierta + Inoculo | | | |
|-------------|--------|---------|---------|-----------------------|--------|---------|---------|
| DIAS | L | A | B | DIAS | L | A | B |
| 0 | 10.634 | 0.44812 | 0.34192 | 0 | 10.634 | 0.44812 | 0.34192 |
| 4 | 11.802 | 0.41464 | 0.36886 | 4 | 12.352 | 0.41252 | 0.3285 |
| 8 | 10.35 | 0.4396 | 0.3456 | 8 | 11.238 | 0.44298 | 0.34192 |
| 10 | 10.572 | 0.43346 | 0.35762 | 10 | 11.274 | 0.44378 | 0.34132 |
| 13 | 11.172 | 0.42208 | 0.33878 | 13 | 11.504 | 0.44198 | 0.34012 |
| 16 | 13.032 | 0.38978 | 0.32206 | 16 | 13.722 | 0.40128 | 0.32186 |

4.5 Apariencia

En el presente experimento realizamos la aplicación de recubrimientos comestibles en el jitomate manzana y uva ya que estos recubrimientos mejoran el brillo y la textura de la corteza, reduce el deterioro de la calidad fisicoquímica y organoléptica, disminuyen la pérdida de peso por deshidratación y el intercambio de gases también se inoculo un hongo *aspergillus*, a el tratamiento T2 inoculado sin recubrimiento y T4 inoculado con recubrimiento. En la figuras 25,26 y 27 podemos observar las fotografías de los tratamiento T1 sin recubrimiento y podemos observar la apariencia deteriorada y con incidencia de hongos en la A y C, en el tratamiento T2 no se observa ninguna aparición de algún hongo más que algunos pequeños daños mecánicos siendo este tratamiento sin recubrimiento e inoculado los tratamientos T3 y T4 son a los que se les aplico el recubrimiento se puede notar en la apariencia y en su consistencia al momento de pesarlos teniendo estos de igual manera crecimiento de hongo en el tratamiento T3 y T4 en la C. en estos tratamientos aclarando la manipulación de los mismos fue inadecuada ocasionando daños mecánicos, es posible que por eso exista la presencia del hongo y el deterioro del fruto.

Uva

Un exceso de calor y sequedad aceleran la maduración. La uva comienza a disminuir de peso y produce un aumento aparente de la concentración de los componentes de la pulpa, especialmente de los azúcares por deshidratación este es el principio de sobre maduración.

Jitomate

Es un fruto climatérico susceptible a la acción mecánica y a la indebida manipulación, disminuyendo su vida útil, calidad y valor comercial, dado que al madurar pierde firmeza con rapidez y ocurren modificaciones organolépticas.

4.5.1 *Salvia hispánica* blanca (A)

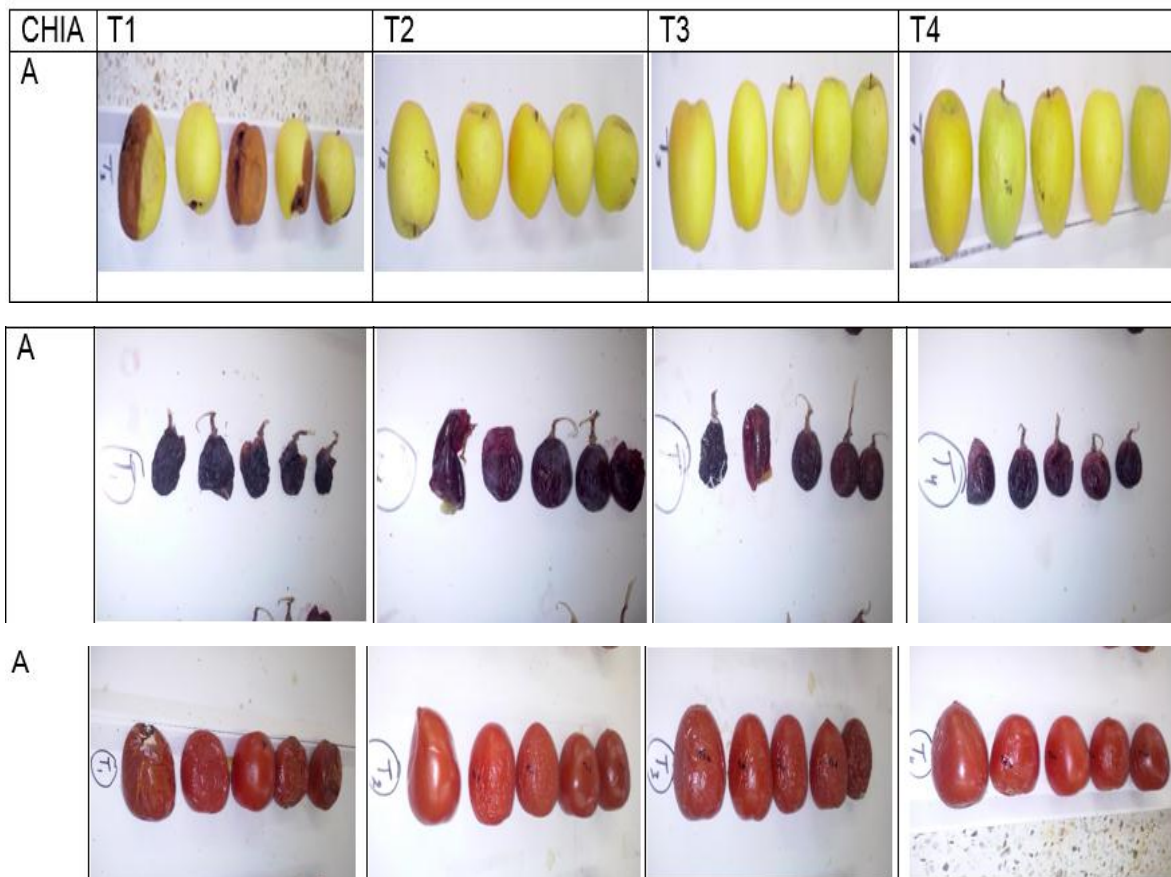


Figura 25. Apariencia de tratamiento A

4.5.2 *Salvia hispánica* café (B)

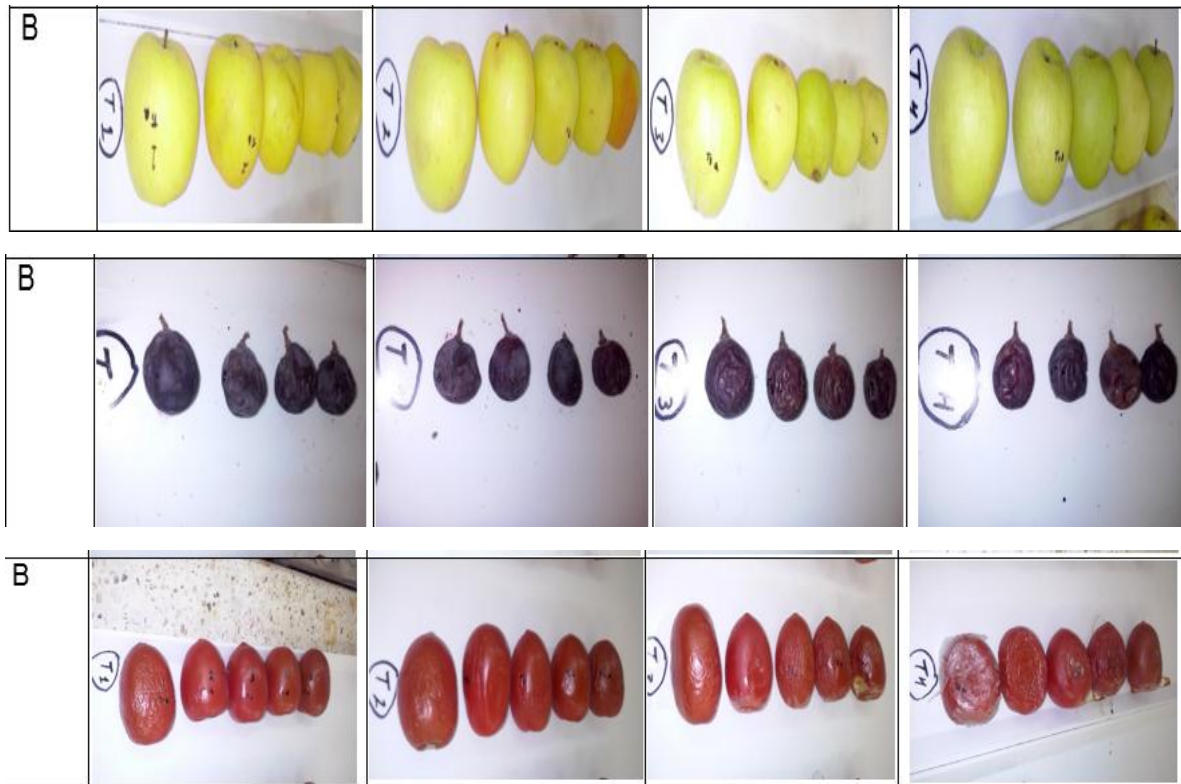


Figura 26. Apariencia de tratamiento B

4.5.3 *Salvia hispánica* negra (C)

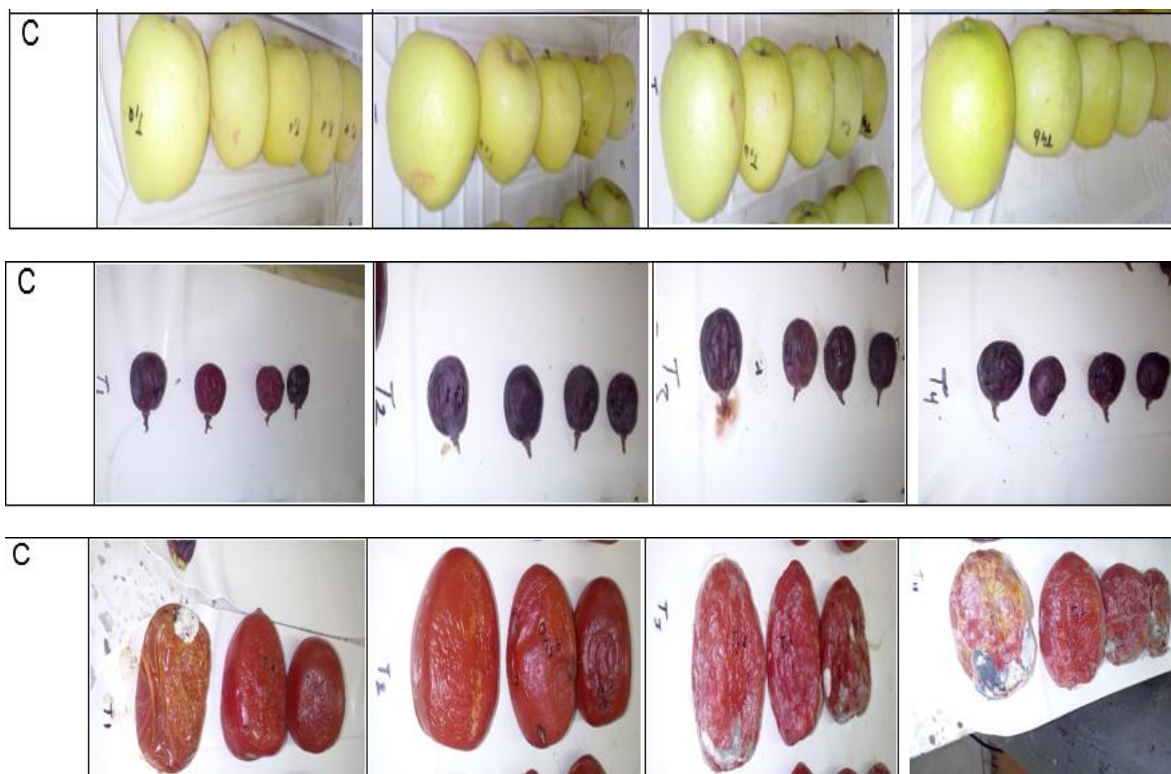


Figura 27. Apariencia de tratamiento C

5. CONCLUSIONES

La *Salvia hispánica* negra presentó mayor calidad de la semilla, lo que indica que presenta mayor producción de mucílago.

Los mucílago de las variedades de *Salvia hispánica* blanca, café y negra son aptos para formar recubrimientos comestibles.

Los recubrimientos comestibles de las 3 variedades evaluadas disminuyen la pérdida de peso en frutos como manzana y uva.

No se presentaron variaciones en el color, en cuanto a valor de L, por lo que es poco probable que el recubrimiento sea detectado por los consumidores.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguilar, M. (2005). Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en recubrimientos de aguacate. Tesis maestría, IPN, Mex. D.F. Pag. 20.

Aguilar, A. (2013). Caracterización de propiedades fisicoquímicas, térmicas, reológicas, y propiedades de barrera a los gases de películas comestibles elaboradas a partir de mucílago de *salvia hispánica* y pectina cítrica. Tesis licenciatura, UAAAN, saltillo Coahuila. Mex. Pag. 18-20

Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O., Hagenmaier, R.D., Baker, R.A. 1997. use of lipids in coatings for food products. Food technology, 51, 56-64.

Carlos Silvera Almitran, Daniela Escobar Gianni, Luis Repiso Ibanez y Rosa Márquez Romero (2012). Aplicaciones de películas y cubiertas comestibles y métodos combinados para mejorar sus propiedades. Pag 5-12.

Financiera nacional de desarrollo (2014). Dirección general adjunta de planeación estratégica, análisis sectorial y tecnologías de la información. Pag 1-2.

Gonzales, V. (2011). “efecto hipotensor e inhibición de la actividad de la enzima convertidora de angiotensina i de extractos de semillas de *Salvia hispánica* L. *in vitro* e *in vivo*”. Tesis maestría, UANL, monterrey, nuevo león. pág. 25.

González, G. (2014). “actividades diagnósticas tendientes a identificar las principales limitaciones y restricciones a la comercialización de los productos obtenidos en el área del sistema de riego en santa maría, proyecto utf/arg/017/arg Catamarca”. Buenos aires. Pág. 12-18.

J.A. Hernández- Gómez; s. Miranda- Colín; A Peña-Lomelí (2008). Cruzamiento natural de chía (*salvia hispánica* L.). Revista Chapingo. Serie horticultura Pag.1-7.

Jaramillo, Y. (2013). La chía (*salvia hispánica* L.), una fuente de nutrientes para el desarrollo de alimentos saludables. Tesis licenciatura, Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Ingenierías, Caldas- Antioquia, Colombia. Pag. 9-10.

Kamper, S.L. y Fennema, O.R. 1985 a. Wáter Vapor Permeability of Edible Bilayer Films. *J. Food Sci.* 49:1478-1481.

Marzo, I. (2010). Efecto del tipo y contenido de aceites esenciales sobre las propiedades mecánicas y barrera de películas comestibles basadas en zeína. Tesis licenciatura, Universidad Pública de Navarra Pag. 15-16.

Miranda, F. (2012). Guía técnica para el manejo del cultivo de chía (*salvia hispánica*) en Nicaragua. Pág. 2-11.

Ochoa, E. (2009). Evaluación de recubrimientos comestibles activos de cera de candelilla en la calidad de vida de anaquel de manzanas (*Golden delicious*). tesis licenciatura, UAAAN, saltillo Coahuila. Mex. Pág. 3-4

Oregel, E. (2013). Aplicación de cubiertas comestibles formuladas con cera de candelilla para la conservación de fresa. Tesis maestría, IPN, Jiquilpan Michoacán. Méx. Pag. 24.

Parzanese, M. (FICHA N° 7). Tecnologías para la Industria Alimentaria películas y recubrimientos comestibles. Pág. 1-11.

QUIMINET (2010) “Usos de ceras en productos hortofrutícolas” [En línea]. Consultado el 30 de octubre 2015 de disponible en: http://www.quiminet.com/articulos/el-uso-de-ceras-en-los-productos_hortofrutícolas_45050.htm

Quintero, C. Juan.; Falguera, Víctor; Muñoz, H. Aldemar. (2010). películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. Revista Tumbaga, | 5 | pág. 93-118

Ruiz Martínez, J.; Vicente, A.A.; Montáñez Saenz, J.C.; Rodríguez Herrera, R. y Aguilar González, C.N. (2012). Un tesoro perecedero en México: el tomate, tecnologías para prolongar su vida de anaquel. 54, 42-48.

Ruiz Ramos Jacqueline O. (2004.) “caracterización reológica de emulsiones aceite-en-agua (o/w) estabilizadas con goma de mezquite y quitosano y su efecto en la permeabilidad de películas comestibles.” Tesis de doctorado. Departamento de ingeniería de procesos e hidráulica. Universidad Autónoma Metropolitana campus Iztapalapa. México pág. 30.

Sagarpa, Estudio de demanda de uva de mesa mexicana en tres países miembros de la unión europea, y de exploración del mercado de nueva Zelandia.

Sandoval, M. (2012). “aislamiento y caracterización de las proteínas de reserva de chíá (salvia hispánica L)”. Tesis maestría, Santiago, Querétaro, Mex. Pág. 1-2.

Saucedo Pompa, S. (2007). *Desarrollo de películas comestibles a partir de cera de candelilla y activos antioxidantes*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coach. 99 p.

Velázquez, S. (2014). “estudio térmico y termodinámico del mucílago extraído de la semilla de chíá (salvia hispánica l) para establecer condiciones de estabilidad y funcionalidad”. Uaem, Toluca, Mex. Pág. 16-17.

Rodríguez G. (2014). Colorimetría en frutos, curso análisis instrumental de productos Agroind, universidad nacional del santa, nuevo Chimbote, Perú. Pág. 2.