



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Caracterización de envase activo liberador de anti  
fúngico y su aplicación en jitomate tipo saladette para  
el control de *Botrytis cinerea*.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERA EN ALIMENTOS**

PRÉSENTA :

ANA LESLI PAMELA MENDOZA  
HERNÁNDEZ

**ASESORAS:** M. en C. ALMA ADELA LIRA VARGAS.  
DRA. MARÍA ANDREA TREJO MÁRQUEZ.

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO.

2016.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

ATN: M. EN A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO  
Jefe del Departamento de Exámenes Profesionales  
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Caracterización de envase activo liberador de antifúngico y su aplicación en jitomate tipo saladette para el control de *Botrytis cinérea*.

Que presenta la pasante: Ana Lesli Pamela Mendoza Hernández  
Con número de cuenta: 409021686 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a de 16 de Febrero 2016.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. Carolina Moreno Ramos	
VOCAL	I.A. Ana María Sabina de la Cruz Javier	
SECRETARIO	M. en C. Alma Adela Lira Vargas	
1er. SUPLENTE	Q.F.B. Luis Alberto Parra Oaxaca	
2do. SUPLENTE	M. en C. Selene Pascual Bustamante	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

*El presente trabajo fue financiado por el proyecto PAPIIT: "Propuesta para el aprovechamiento integral de frutas y hortalizas (PAPIIT IT201216) y por la secretaria de Economía-Conacyt con el tema: "Desarrollo de recubrimientos bio orgánicos a partir de fitomoléculas de especies del semi desierto Mexicano y microorganismos antagonistas para alargar la vida de anaquel en frutas y hortalizas" (ECO-2011-C01-164617).*

## DEDICATORIA

*A mis padres Rocio y Salvador por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes eh logrado llegar hasta aquí y ser la persona que soy. Son los mejores padres del mundo.*

*A mi hijo Danielito por ser quien me inspira todos los días a ser mejor persona y superarme tu eres ser mi razón de ser. Te amo.*

*Finalmente a mi esposo Daniel O. por su paciencia y comprensión espero te sientas orgulloso de este trabajo que también es para ti.*



## AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme la fortuna de pertenecer a una familia hermosa rodeada de amor y atenciones, por que a pesar de los malos ratos Dios nunca se a olvidado de nosotros y seguimos unidos apoyándonos unos a otros para salir adelante juntos como la gran familia que somos.

A mi mami **Rocio Hernández** gracias por que cada sacrificio y esfuerzo tuyo fue para darnos lo mejor a mí y a mis hermanas, por preocuparte y ocuparte siempre de mi bienestar, de mi salud, de mi educación y de mi felicidad te quiero muchísimo mami.

A mi papá **Salvador Mendoza** por estar siempre conmigo y darme su apoyo en las buenas y en las malas por hacerme reír siempre con tus ocurrencias y por los valores que me enseñaste te quiero papi.

A **Daniel Serrano** gracias tu ayuda y tu precencia fueron importantisimos para mi el amor y el cariño que me demostraste fueron un motor en esta etapa de mi vida nunca olvidare las noches de desvelo estudiando juntos, los ensayos previos a cada exámen, mil gracias pero sobre todo gracias por confiar en mí y en capacidad.

A mi bebe **Danielito** por darme la fuerza necesaria para salir adelante por ser mi motivación para ser mejor persona todos los días, no hay en este mundo un corazón que te ame tanto como el mío hijo, te agradezco la inmensa felicidad que le das a mi vida.

A **Cynthia** por ser mi mejor amiga mi compañera de juegos y fiestas, por tu apoyo y el gran cariño que le tienes a mi cachorrito, mi vida no sería la misma sin tí fea.

A mis mejores amigos **Juan Carlos, Alberto e Irving** quienes han estado conmigo en las mejores y en las peores regañándome, aconsejándome y haciéndome llorar de tanto reír, los quiero marginales.

A mi amiga **Marisol** por todos los momentos que compartimos en la carrera, los consejos, los regaños y cada travesura que hicimos juntas mil gracias amiga sin tu ayuda esto hubiera sido mas difícil.



A mis colegas y amigos (as) **Araceli, Dacia, Aidé, Selene, Daniel y Aldo** gracias por todo lo compartido estos años, por las noches de desvelo, por las estrategias y trabajos en equipo, por los ánimos, por las risas, los buenos consejos, la ansiedad y preocupación compartida cada fin de semestre, ustedes hicieron que este camino fuera mas fácil y divertido.

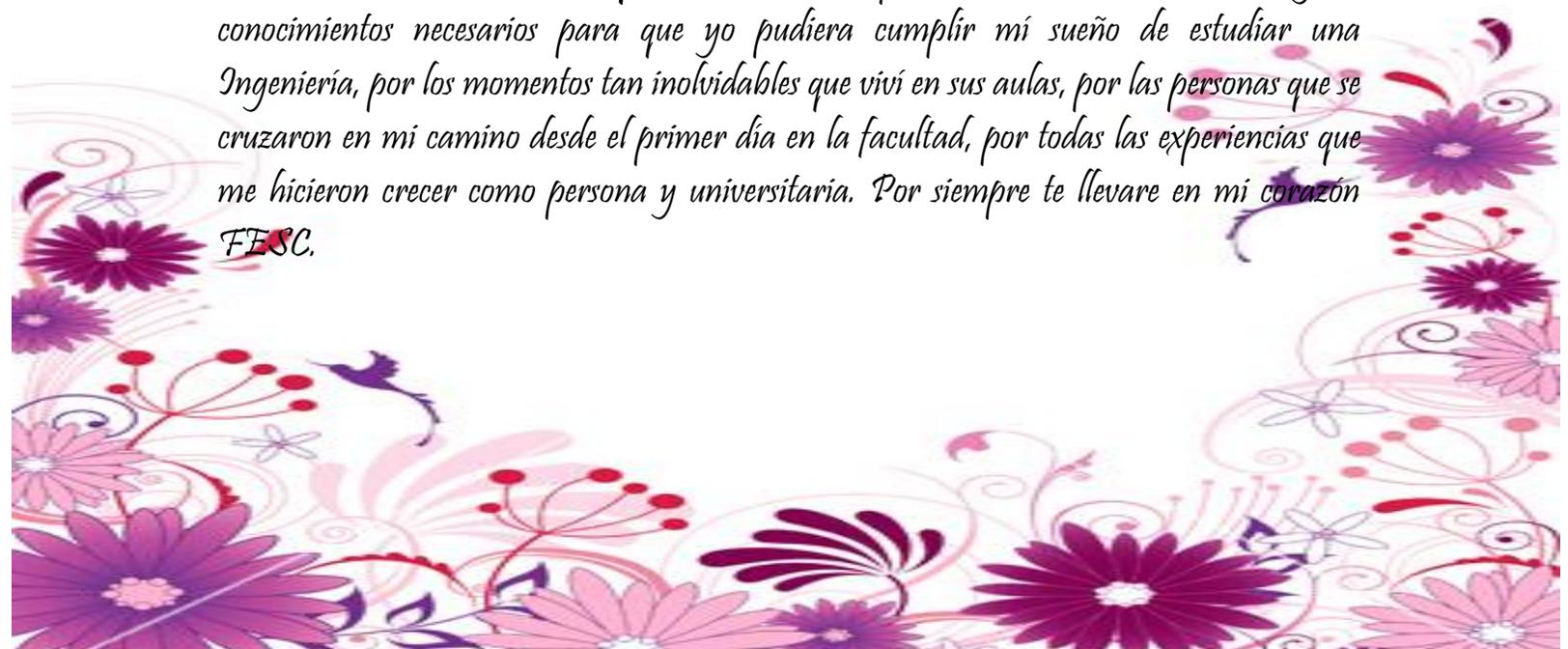
**Dra. Andrea Trejo** le doy mi mas sincero agradecimiento por haberme permitido ser parte de su taller, por el apoyo brindado para que yo pudiera realizar mi proyecto, por permitirme ser una de sus tesis y por su paciencia.

**M. en C. Adela Lira** muchas pero muchas gracias por el gran apoyo, por la paciencia que me tuviste, por los ánimos que me brindaste desde el día que nos conocimos, por el compromiso que tuviste conmigo y mi trabajo, por tu disposición e interés pero sobre todo por confiar en mí y en mi capacidad. Mil gracias Ade eres una gran persona y una mujer admirable.

A mis sinodales la **M. en C. Selene Pascual, Dra. Carolina Moreno, J. A. Ana María Sabina de la Cruz y Q.F.B Alberto Parra** gracias por el tiempo y la dedicación brindada a mi tesis ya que sus comentarios mejoraron este proyecto.

A mi hermosa **Universidad Nacional Autónoma de México** por darme la oportunidad de ser una de tus estudiantes por darme los mejores profesores, los mejores laboratorios y sobre todo la mejor educación necesarios para formarme como una profesionista de éxito.

A la **Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán** por darme todas las facilidades y los conocimientos necesarios para que yo pudiera cumplir mi sueño de estudiar una Ingeniería, por los momentos tan inolvidables que viví en sus aulas, por las personas que se cruzaron en mi camino desde el primer día en la facultad, por todas las experiencias que me hicieron crecer como persona y universitaria. Por siempre te llevare en mi corazón **FESC.**



*"No estudio para saber más sino para  
ignorar menos"*

*Sor Juana Inés de la Cruz*

*Décima musa.*





<b>ÍNDICE GENERAL</b>	Página
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>V</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>7</b>
1.1. Generalidades del jitomate.....	7
1.1.1. Origen. ....	7
1.1.2. Morfología y taxonomía del jitomate .....	7
1.1.3 Importancia económica .....	9
1.1.4 Composición química y valor nutrimental .....	11
1.1.5 Variedades de jitomate .....	12
1.1.6 Enfermedades del jitomate .....	15
1.1.7 Métodos de conservación del jitomate .....	17
1.2 Envases activo.....	19
1.2.1. Definición e historia .....	19
1.2.2 Propiedades de los envases activos .....	21
1.2.3 Materiales para elaborar un envase activo.....	22
1.2.3.1 Matriz .....	23
1.2.3.2 Aditivos .....	26
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>33</b>
2.1. Objetivo general.....	33
2.2. Objetivos particulares .....	33
<b>3. MATERIELES Y MÉTODOS .....</b>	<b>35</b>
3.1 Cuadro Metodológico .....	35
3.2 Material biológico.....	37
3.3 Obtención de extracto de orégano.....	37



3.4 Elaboración de envase activos comestibles .....	37
3.5 Caracterización de películas modelo .....	38
3.5.1 Propiedades físicas de películas .....	38
3.5.2. Propiedades de barrera de las películas .....	40
3.6 Aplicación de envase activo en jitomate saladette.....	41
3.6.1. Material biológico .....	41
3.6.2. Preparación del inculo .....	41
3.6.3. Tratamiento de la muestra .....	42
3.7 Parámetros evaluados en jitomate.....	43
3.8 Análisis estadístico .....	46
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>48</b>
4.1 Caracterización de envases activos.....	48
4.1.1 Propiedades físicas .....	48
4.1.1.1 Color.....	48
4.1.1.2 Determinación del espesor .....	53
4.1.1.3 Determinación de la transparencia .....	56
4.1.2 Propiedades de barrera .....	58
4.1.2.1 Permeabilidad al vapor de agua .....	58
4.2 Pruebas <i>in vivo</i> en jitomate tipo „saladette“ con aplicación de envase activos a base de alginato de sodio y grenetina adicionados con extracto de orégano. ....	61
4.2.1 Parámetros de calidad.....	61
4.2.1.2 Determinación de pérdida de peso .....	67
4.2.1.3 Determinación de la firmeza .....	70
4.2.1.4 Determinación de sólidos solubles.....	72
4.2.1.5 Determinación de la respiración.....	74
4.2.1.6 Determinación de índice de decaimiento .....	76
4.3 Pruebas <i>in vivo</i> en jitomate tipo „saladette“ con aplicación de 2 envases activos semi comerciales. ....	80




---

4.3.1 Parámetros de calidad.....	80
4.3.1.1 Determinación de color.....	80
4.3.1.2 Determinación de pérdida de peso.....	85
4.3.1.3 Determinación de la firmeza.....	87
4.3.1.4 Determinación de sólidos soluble.....	89
4.3.1.5 Determinación de la respiración.....	91
4.3.1.6 Determinación de índice de decaimiento.....	94
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>99</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>101</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>103</b>



---

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Descripción morfológica del jitomate.	<b>8</b>
<b>Tabla 2.</b> Clasificación taxonómica del jitomate.	<b>9</b>
<b>Tabla 3.</b> Nutrientes en 100 gramos de jitomate fresco.	<b>12</b>
<b>Tabla 4.</b> Clasificación del jitomate de acuerdo a su forma.	<b>13</b>
<b>Tabla 5.</b> Patrón de color de indicadores de madurez.	<b>15</b>
<b>Tabla 6.</b> Principales hongos que atacan al jitomate.	<b>16</b>
<b>Tabla 7.</b> Métodos de conservación del jitomate.	<b>17</b>
<b>Tabla 8.</b> Propiedades de los envases activos.	<b>22</b>
<b>Tabla 9.</b> Caracterización de envases activos adicionados con componentes bio-activos.	<b>24</b>
<b>Tabla 10.</b> Aditivos empleados en envases activos.	<b>27</b>
<b>Tabla 11.</b> Plantas con poder anti fúngico.	<b>28</b>
<b>Tabla 12.</b> Seguimiento fotográfico de jitomates con envase activo a base de alginato (0.25%) y grenetina (3%).	<b>79</b>
<b>Tabla 13.</b> Seguimiento fotográfico de envases con envases activos semi comerciales F1 y F1(A).	<b>97</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Jitomate saladette.	7
<b>Figura 2.</b> Principales países productores de jitomate en el mundo.	10
<b>Figura 3.</b> Principales estados productores de tomate rojo en México.	11
<b>Figura 4.</b> Patrón de color de indicadores de madurez.	14
<b>Figura 5.</b> Diferentes materiales en la elaboración de envases activos.	23
<b>Figura 6.</b> Estructuras de componentes antimicrobianos presentes en el orégano.	30
<b>Figura 7.</b> Planta del desierto mexicano (orégano).	37
<b>Figura 8.</b> Envases adicionadas con extracto de orégano durante el periodo de secado.	38
<b>Figura 9.</b> Medición de color de jitomate con Espectrofotómetro Minolta CM-600d.	39
<b>Figura 10.</b> Celdas con envase activo para la determinación de transparencia.	39
<b>Figura 11.</b> Medición de espesor de envase activo con un micrómetro Mitutoyo.	40
<b>Figura 12.</b> Prueba de permeabilidad al vapor de agua.	40
<b>Figura 13.</b> Material biológico (jitomates).	41
<b>Figura 14.</b> Diagrama de proceso de la aplicación de diferentes envases activos.	42
<b>Figura 15.</b> Penetrómetro manual.	44
<b>Figura 16.</b> Determinación del peso del jitomate en una Balanza analítica.	44
<b>Figura 17.</b> Refractómetro digital.	45
<b>Figura 18.</b> Prueba de respiración en los jitomate.	45
<b>Figura 19.</b> Luminosidad de las diferentes envases modelo con matriz de alginato (A) (0.25, 0.50 y 0.75%) y grenetina (B) (1, 2 y 3%) adicionadas con extracto de	



- orégano (4000 ppm). Las líneas verticales representan la desviación estándar. **48**
- Figura 20.** Croma de los distintos envases modelo a base de alginato (A) (0.25, 0.50 y 0.75%) y grenetina (B) (1, 2 y 3%) adicionadas con extracto de orégano (4000 ppm). Las barras verticales indican la desviación estándar. **51**
- Figura 21.** Tonalidades de los envases modelo con matriz de alginato de sodio (A) (0.25, 0.50 y 0.75%) y grenetina (B) (1, 2 y 3%) adicionadas con extracto de orégano (4000 ppm). Las líneas verticales representan la desviación estándar. **52**
- Figura 22.** Espesor de los diferentes envases modelos con matriz de alginato (A) (0.25, 0.50 y 0.75%) y grenetina (B) (1, 2 y 3%) adicionadas con extracto de orégano (4000 ppm). Las barras verticales representan la desviación estándar. **54**
- Figura 23.** Transparencia de los diferentes envases modelos con matriz de alginato (A) (0.25, 0.50 y 0.75%) y grenetina (B) (1, 2 y 3%) adicionadas con extracto de orégano (4000 ppm). Las barras verticales representan la desviación estándar. **57**
- Figura 24.** Permeabilidad al vapor de agua de los distintos envases modelo con matriz de alginato (A) (0.25, 0.50 y 0.75%) y grenetina (B) (1, 2 y 3%) adicionados con extracto de orégano (4000 ppm). Las barras verticales representan  $\pm$  desviación estándar. **59**
- Figura 25.** Cambios en el cromático de los frutos con envase activo a base de alginato (0.25%) y grenetina (3%) adicionadas con extracto de orégano durante el almacenamiento. Las líneas verticales representan la desviación estándar. **62**
- Figura 26.** Cambios en el tono ( $^{\circ}$ hue) de los frutos con envase activo a base de alginato (0.25%) y grenetina (3%) adicionadas con extracto de orégano



- durante el almacenamiento. Las líneas verticales representan la desviación estándar. 64
- Figura 27.** Cambios en la luminosidad de los frutos con envase activo a base de alginato (0.25%) y grenetina (3%) adicionadas con extracto de orégano durante el almacenamiento en refrigeración. Las líneas verticales representan la desviación estándar. 66
- Figura 28.** Cambios en la pérdida de peso de los jitomates con envase activo a base de alginato (0.25%) y grenetina (3%) adicionadas con extracto de orégano durante el almacenamiento en refrigeración. Las barras verticales representan la desviación estándar. 68
- Figura 29.** Cambios en la firmeza de los jitomates sin envase activo (control) y recubiertos con alginato (0.25%) y grenetina (3%) adicionadas con extracto de orégano durante el almacenamiento en refrigeración. Las barras verticales representan la desviación estándar. 71
- Figura 30.** Cambios en el contenido de sólidos solubles totales de los frutos sin envase activo (control) y con envase activo a base de alginato (0.25%) y grenetina (3%) adicionadas con extracto de orégano. Las líneas verticales representan la desviación estándar. 73
- Figura 31.** Cambios en la respiración de los jitomates con envase activo a base de alginato (0.25%) y grenetina (3%) adicionadas con extracto de orégano durante el almacenamiento. Las barras verticales representan la desviación estándar. 75
- Figura 32.** Cambios en el índice de decaimiento de los frutos sin envase activo (control) y con envase activo a base de alginato (0.25%) y grenetina (3%) adicionadas con extracto de orégano durante el almacenamiento. 77



- Figura 33.** Cambios en el croma de los frutos con envases activos semi comerciales F1 y F1(A) durante el almacenamiento refrigerado. Las líneas verticales representan la desviación estándar. **81**
- Figura 34.** Cambios en el tono de los frutos sin envase activo y con envases activos semi comerciales F1 y F1(A) durante el almacenamiento. Las líneas verticales representan la desviación estándar. **82**
- Figura 35.** Cambios en la luminosidad de los frutos sin envase activo y con envases activos semi comerciales F1 y F1(A) durante el almacenamiento. Las líneas verticales representan la desviación estándar. **84**
- Figura 36.** Cambios en la pérdida de peso de los frutos sin envase activo y con envase activo semi comercial F1 y F1(A) durante el almacenamiento en refrigeración. Las barras verticales representan la desviación estándar. **85**
- Figura 37.** Cambios en la firmeza de los frutos sin envase activo y con envase activo semi comercial F1 y F1(A) durante el almacenamiento. Las barras verticales representan la desviación estándar. **88**
- Figura 38.** Cambios en el contenido de sólidos solubles totales de los frutos sin envase activo y con envase activo semi comercial F1 y F1(A) durante el almacenamiento. Las barras verticales representan la desviación estándar **90**
- Figura 39.** Cambios en la tasa de respiración de los frutos sin envase activo y con envase activo semi comercial F1 y F1(A) durante el almacenamiento. Las barras verticales representan la desviación estándar. **92**
- Figura 40.** Cambios en el índice de decaimiento de los frutos sin envase activo y con envase activo semi comerciales F1 y F1(A) durante el almacenamiento. Las líneas verticales representan la desviación estándar. **95**

# RESUMEN





---

## RESUMEN

El jitomate (*Lycopersicon esculentum*) es un percedero que se ve afectado principalmente por el ataque de microorganismos como *Botrytis cinerea*, el cual es un hongo que ocasiona podredumbre gris en los frutos disminuyendo su calidad y por ende ocasionando pérdidas económicas debido a esto, el presente proyecto tuvo como objetivo controlar al *Botrytis cinerea* en el jitomate mediante la aplicación de envases activos a base de alginato de sodio y grenetina adicionados con extracto de orégano y dos semi comerciales para evitar las pérdidas post-cosecha y alargar su vida útil. Se trabajó con jitomates tipo saladette y plantas de orégano adquiridas en la central de abasto de la ciudad de México. Se caracterizó el color, transparencia, espesor y permeabilidad al vapor de agua de dos envases activos a base de alginato de sodio (0.25, 0.50 y 0.75%) y grenetina (1, 2 y 3%) seleccionando las concentraciones que presentaron la mayor transparencia y menor permeabilidad y posteriormente se aplicaron al jitomate mediante inmersión. Los frutos fueron seleccionados por tamaño, forma y color uniforme y fueron distribuidos en lotes de 20 jitomates, se lavaron, desinfectaron y se les aplicó un envase activo a base de alginato y grenetina adicionado con extracto de orégano, tween 80 y glicerol y se evaluaron los parámetros de calidad (color, firmeza de la pulpa, pérdida de peso, sólidos solubles e índice de deterioro) y fisiológicos (respiración). Los envases activos a base de alginato y grenetina produjeron una tasa de respiración de 20.2 mg CO<sub>2</sub>/Kg PF\*h y 15.5 mg CO<sub>2</sub>/Kg PF\*h respectivamente, llegando así con estos valores a su punto climatérico al décimo y octavo día, no afectaron el color de los jitomates, aumentaron la firmeza hasta 17%, disminuyeron la pérdida de peso 3% y el índice de decaimiento fue aproximadamente 50% menor en los frutos con envase activo. Los envases activos semi comerciales demostraron ser una alternativa viable contra el deterioro del jitomate al inhibir con mayor eficacia la podredumbre gris en los jitomates al reducir el daño un 64% y producir en los jitomates la menor pérdida de peso (11%) así como el menor contenido de SST (5.6°Brix).

# INTRODUCCIÓN





## INTRODUCCIÓN

El jitomate, es la especie hortícola más cultivado, pues tiene un alto potencial de rendimiento el consumo per cápita de los mexicanos en el 2015 fue de 12.4 kg (SIAP, 2015).

De su contenido en vitaminas destacan la B1, B2, B5, vitamina C y carotenoides como el licopeno pigmento que da el color rojo característico al tomate (Alimentación-Sana, 2013).

En el 2014 el valor de la exportaciones de jitomate aumentó 11.6% con respecto al año anterior, el 98% de las exportaciones de jitomate tienen como destino Estados Unidos por lo que México ha logrado posicionarse dentro de los 10 principales productores mundiales de jitomate con una producción aproximada de 3 millones (SIAP, 2015).

Actualmente México es considerado el principal exportador de jitomate (SRE, 2015) ya que el fruto está bien catalogado en el mundo por su altos niveles de sanidad e inocuidad sin embargo los problemas fitosanitarios constituyen el principal limitante del cultivo del tomate en las zonas productoras de México (Michel-Aceves *et al.*, 2008).

La presencia de podredumbre gris no es sólo desagradable, sino que además hay pérdidas de humedad, y los decaimientos pueden resultar en una pérdida de sabor que hace invendible el tomate (FAO, 2014).

*Botrytis cinerea* es un hongo que puede infectar en cualquier etapa de desarrollo del jitomate, inclusive durante el transporte y almacenamiento del fruto. Presenta una gran capacidad de dispersión. Los daños pueden ser totales, por ello se le considera como hongo más importante en invernadero (Álvarez y Delgadillo, 2004).

Tradicionalmente el control de este hongo ha sido por agroquímicos sin embargo, su uso trae como consecuencia efectos nocivos sobre el ambiente y la salud; además, generan resistencia por parte de los hongos. Lo anterior justifica la búsqueda de nuevas sustancias naturales como una alternativa viable al uso indiscriminado de plaguicidas sintéticos (Michel-Aceves *et al.*, 2008).



La aplicación de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas mejora el brillo y la textura de la corteza, reduce el deterioro de la calidad organoléptica, disminuye la pérdida de peso por deshidratación y el intercambio de gases. Existe un trabajo de aplicación de almidón de yuca en tomate, en donde los frutos fueron sumergidos en suspensiones al 2 y 3% en agua, secos y almacenados en condiciones ambientales (16-21<sup>o</sup>C y 51-91% H.R) para evaluar la pérdida de masa, pH, textura y sólidos solubles totales a los 0, 4, 8, 11, 18 y 22 días, donde no existió influencia en la pérdida de masa y textura, pero si en la presentación del fruto, siendo la suspensión al 3% la que mejores características proporciono (Amaya *et al.*, 2010).

Además el uso potencial de extracto de plantas como orégano adicionado en matrices de recubrimientos para el control de microorganismos ha sido demostrada su efectividad a nivel laboratorio (Ramos-García *et al.*, 2010).

Por lo anterior, el presente trabajo tiene el objetivo de controlar la podredumbre gris de jitomate tipo „Saladette“ mediante la aplicación de recubrimientos desarrollados adicionados con extracto vegetal de orégano y semi-comerciales, para evitar las pérdidas post cosecha y alargar su vida útil.

# ANTECEDENTES





## 1. ANTECEDENTES

### 1.1. Generalidades del jitomate

#### 1.1.1. Origen.

El tomate rojo (Figura 1) o jitomate es originario de la América del sur, de la región Andina, particularmente de Perú, Ecuador, Bolivia y Chile. Sin embargo, su domesticación fue en México, ya que existe evidencia histórica de que se cultivaba en México antes de la conquista, aunque era un producto de importancia secundaria. Según los primeros cronistas que vieron el tomate en México, su tamaño, forma y color eran comparables a los de la manzana roja europea (León, 2000).



**Figura 1. Jitomate Saladette.**  
**Fuente: AMHPAC (2015).**

Algunos creen que el centro de origen no es el mismo centro de diversificación de las formas cultivadas, según cuya hipótesis el tomate no es autóctono de México, sino que fue introducido a México en tiempos antiguos. El nombre de jitomate procede del náhuatl *xictli*, ombligo y *tomatl*, tomate, que significa tomate de ombligo (SAGARPA, 2010).

Esta planta en principio se consideró como venenosa, probablemente por ser miembro de la familia de las solanáceas, e incluso se le atribuyeron propiedades afrodisíacas, razón por la cual se le dio el nombre de “manzana del amor”. Los españoles y portugueses difundieron el jitomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá en 1850 sólo a partir de esta fecha comenzó a tener un poco de interés científico y agronómico (FAO, 2016).

#### 1.1.2. Morfología y taxonomía del jitomate

El jitomate pertenece a la familia de la *Solanaceas* del genero *Lycopersicum* y la especie *esculentum* Mill. El fruto es una baya de pulpa tierna predominantemente alcalina debido a su contenido mineral. Es de color rojo, rosado, amarillo o verde (rojo más común) y de forma redonda, achatada o alargada. Presenta varios tamaños dependiendo de su variedad. En la Tabla 1 se describen las partes de la planta del jitomate (SAGARPA, 2010).



**Tabla 1. Descripción morfológica del jitomate.**

PARTE	DESCRIPCIÓN
<p><b>Planta</b></p> 	<p>Perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semi erecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas).</p>
<p><b>Sistema radicular</b></p> 	<p>Raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Seccionando transversalmente la raíz principal y de fuera hacia dentro encontramos: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, córtex y cilindro central, donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes).</p>
<p><b>Tallo</b></p> 	<p>Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias. Su estructura, de fuera hacia dentro, consta de: epidermis, cilindro vascular y tejido medular.</p>
<p><b>Hoja</b></p> 	<p>Compuesta con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada, es rica en cloroplastos.</p>
<p><b>Flor</b></p> 	<p>Es regular e hipógina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de colores amarillos y dispuestos de forma helicoidal. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso, es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de la primera flor formada dando lugar a una inflorescencia compuesta, Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas.</p>
<p><b>Fruto</b></p> 	<p>Baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre 60 y 600g todo dependerá de la variedad. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto.</p>

**Fuente: SAGARPA (2010)**



La evidencia actual sugiere que el género *Lycopersicon* cuenta de 8 especies que difieren en el grado en el que se relacionan con el tomate cultivado. Taylor (1986) ha razonado que la consideración de la distribución geográfica, diversas características morfológicas y las relaciones de compatibilidad, para distinguir entidades taxonómicas distintivas, da lugar a una clasificación sub genérica de mayor significancia (Tabla 2) (The American Phytopathological Society, 2000).

**Tabla 2. Clasificación taxonómica del jitomate.**

<b>Clase: Dicotiledóneas</b>	<b>Género: <i>Lycopersicon</i></b>
<b>Orden: Solanales (Personatae)</b>	<b>Tribu: Solanae</b>
<b>Familia: <i>Solanaceae</i></b>	<b>Subfamilia: Solanoideae</b>
<b>Especie: <i>Esculentum</i></b>	

Fuente: Sañudo (2013).

### 1.1.3 Importancia económica

La captación de divisas a través de la exportación representa un objetivo permanente por parte de los productores fruti hortícolas. Tratándose del comercio internacional de tomate en fresco es difícil debido a la alta perecibilidad del producto, la superposición en las épocas de cosecha de los importadores y exportadores, alta oscilación de precios en la estación y gran variación en la calidad (Inestroza, 1998).

La importancia de la producción de jitomate a nivel mundial se explica por su primacía en la producción y consumo de las hortalizas en el orbe, destacándose, entre la inmensa variedad de este tipo de cultivo.

Aunque existen una gran diversidad de productos hortícolas y a pesar que algunos tienen importancia a nivel regional, se estima que tan solo dos hortalizas contribuyen con el 50% de la producción en el mundo; la papa y el jitomate. Lo anterior señala el enorme valor que guarda este último no solo en el comercio, sino también en el sistema alimentario mundial (Barrón *et al.*, 2002).

Se considera a nivel mundial, las hortalizas junto con las frutas, ocupan el segundo lugar en la producción agropecuaria.



## Producción mundial

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada. En la Figura 2 se muestran los principales países productores de jitomate.



Figura 2. Principales países productores de jitomate en el mundo.

Fuente: FAOSTAT (2012).

Según datos estadísticos de la FAOSTAT (2012) el principal productor de tomate fresco fue China con una producción de 50 millones de toneladas seguido de India con una producción aproximada de 18 millones quedando así Estados Unidos en tercer lugar mientras que México logro el décimo lugar con una producción de 3 millones de toneladas de tomate fresco. Un importante dato es que México ha logrado mantenerse en la última década dentro de los diez principales países productores de jitomate fresco.



## Producción Nacional

El cultivo del tomate en México tiene una trascendencia social muy importante, puesto que una parte considerable de la población económicamente activa se encuentra relacionada directa o indirectamente con el cultivo del tomate además de que es una importante fuente de empleo para un considerable número de familias en México. Se estima que para la producción de 75,000 hectáreas de tomate se emplean 172 mil trabajadores de campo (Lobo y Medina, 2001).



Durante el ciclo otoño-invierno 2014 se obtuvo una producción de 1.08 millones de toneladas en una superficie cosechada de 24,917 hectáreas de las 28,123 hectáreas que había programado la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) para este cultivo.

Según datos del SIAP (2015), los principales estados productores de jitomate en México son en primer lugar Sinaloa con una producción del 983 mil toneladas que representaron el 37% del total de la producción nacional; segundo lugar, Baja California con una producción de 196 mil toneladas, que representaron el 7% del total de la producción; en tercer lugar, Zacatecas tuvo una producción de 144 mil toneladas, mientras que estados como Guanajuato, Sonora y México aportan con un 3% (Figura 3).



Figura 3. Principales estados productores de tomate rojo en México.

Fuente: INFO RURAL, (2015).

En el caso de México, la producción se destina principalmente para el consumo de tomate fresco cabe mencionar que el tipo de tomate de mayor producción es el „Saladette“ con un consumo per cápita de 12.4 Kg (SIAP, 2015).

De Enero a Mayo se genera poco más de la mitad de la producción de la hortaliza mientras que los meses de Junio y Julio llega a sus niveles más bajos para después aumentar su disponibilidad los últimos meses del año (SAGARPA, 2010).

#### 1.1.4 Composición química y valor nutrimental

La composición química del tomate, en general, se conforma en su mayoría por agua con aproximadamente un 94%, seguido por los hidratos de carbono con 4%, mientras que las proteínas abarcan solo un 1% sin embargo y aunque en pocas cantidades también contiene grasas y cenizas los cuales representan 0.1 y 0.3% respectivamente, el resto está compuesto por algunos ácidos y vitaminas (Rizzo, 2002).



El principal valor nutritivo de las hortalizas en general se deriva de su contenido en micro nutrientes (vitaminas y minerales) y de carbohidratos complejos difíciles de digerir (fibra dietética), estos últimos aunque tienen poco valor nutritivo, son importantes para la función intestinal. Las vitaminas que contiene son: A, B, B1, B2, C y E, además de ser bajo en calorías y grasas. También posee pigmentos como el licopeno y caroteno quienes dan al jitomate el color rojo o amarillo respectivamente. Dichos pigmentos tienen función antioxidante (Nuez, 1995).

Su alto contenido de licopeno es el responsable del característico color rojo de los jitomates y actúa protegiendo a las células humanas del estrés oxidativa, producido por la acción de los radicales libres que son los responsables de las enfermedades cardiovasculares, del cáncer y del envejecimiento (Mondragón, 2007).

La composición química y el valor nutricional del tomate varían según la variedad, las condiciones de cultivo, la época de producción, el grado de madurez, el tiempo y las condiciones de almacenamiento, entre otros factores (Hernández, 2013).

La FAO (2014) menciona que los nutrientes de un alimento varían de acuerdo a las condiciones en las que se produce, procesa, comercializa, almacena y prepara por ejemplo en la Tabla 3 se muestra el contenido de vitamina A y demás vitaminas contenidas en jitomate fresco maduro pero hay muchas variedades que se consumen crudos y que otros se hierven, se fríen o se cuecen en diversas formas. Todos estos factores pueden influir sobre el contenido de caroteno o precursor de la vitamina A y demás vitaminas.

**Tabla 3. Nutrientes en 100 gramos de jitomate fresco.**

Energía (Kcal)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Vitamina A (mg)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)	Vitamina C (MG)	Folato (µg)
19	7	0.5	113	0.06	0.05	0.6	18	9

Fuente: FAO (2014).

### 1.1.5 Variedades de jitomate

De acuerdo a SAGARPA (2010) existen tres maneras de clasificar el tomate, según su forma, madurez y color. De acuerdo a su forma, existen 5 tipos, del más pequeño al más grande:



cherry, saladette, tipo pera, bola, estándar y bola grande (Tabla 4). Ramos-Belmán *et al.*, (2010) determinaron que la variedad del jitomate influye directamente en el sabor y el aroma determinándose características específicas por variedad ya que el tomate cherry es más ácido que el saladette y el bola sin embargo el tomate saladette es más amargo, menos dulce y salado que tomates como el uva, cherry y bola.

**Tabla 4. Clasificación del jitomate de acuerdo a su forma.**

TIPO	DESCRIPCIÓN
 <p><b>Cherry</b></p>	<p>Plantas vigorosas de crecimiento indeterminado. Frutos de pequeño tamaño y de piel fina con tendencia al rajado, que se agrupan en ramilletes de 15 a más de 50 frutos. Sabor dulce y agradable.</p>
 <p><b>Saladette</b></p>	<p>Variedad italiana para conserva de tomate pelado, fruto pequeño bi o trilobular, forma de alargada, tamaño homogéneo de los frutos. Es una planta muy versátil que crece bien en casi todos los climas y terrenos. El límite son las tierras en las que ocurren heladas porque pueden matar a la planta.</p>
 <p><b>Money maker</b></p>	<p>Plantas de porte generalmente indeterminado. Frutos de calibres m y mm, lisos, redondos y con buena formación en ramillete.</p>
 <p><b>Tomatillo</b></p>	<p>La planta de tomatillos mide medio metro de altura. Tiene hojas alternas, tallo largo y ramas cubiertas en forma de corazón. Sus flores son de un solo pétalo, amarillentas con manchas oscuras. El tomate que produce es esférico, de unos tres centímetros de diámetro, liso, algo pegajoso. Naturalmente, de color verde. Su sabor es ácido y algo dulce.</p>
 <p><b>Marmande</b></p>	<p>Plantas poco vigorosas que emiten de 4 a 6 ramilletes aprovechables. El fruto se caracteriza por su buen sabor y su forma acostillada, achatada y multilocular, que puede variar en función de la época de cultivo.</p>
 <p><b>Bola</b></p>	<p>Fruto de planta herbácea trepadora, con tallo rígido y flores hermafroditas de color amarillo; fruto globoso de forma redondeada y achatada; de color verde que va cambiando a tonos amarillos hasta llegar a rojo; pulpa carnosa y jugosa de sabor ácido y algo dulzón.</p>

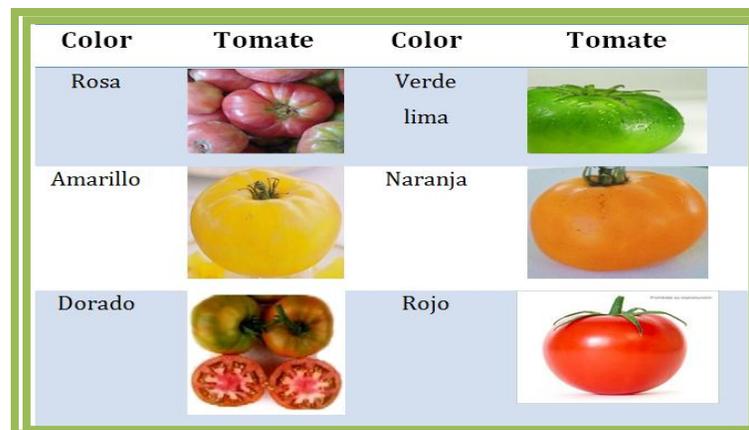
SAGARPA (2010).



Otras variedades importantes son: mucha miel, pometa tardío, san marzano, ramillete, liso, entre otros.

Otra gran característica de los tomates es su variedad en cuanto a su diversidad de color ya que existen tonalidades que van desde rosas hasta los tradicionales rojos, estas tonalidades dependerán de los pigmentos vegetales que predominen en cada una de las especies (Figura 4).

En las frutas y vegetales, el color se debe principalmente al concurso de tres familias de pigmentos: clorofilas, carotenoides y antocianinas, que son responsables de la coloración verde, roja-amarilla, y azul-violeta respectivamente. Se puede afirmar que los carotenoides son, después de las clorofilas, los más ampliamente distribuidos en la naturaleza siendo responsables del color amarillo, naranja y rojo de frutos como el tomate (Mínguez *et al.*, 2005).



**Figura 4. Patrón de color de indicadores de madurez.**

**Fuente: SAGARPA (2010).**

De acuerdo a SAGARPA (2010) los tomates presentan una madurez temprana de 55 a 65 días de haber sido cosechado, una madurez mediana de 66 a 80 días por lo que la sobre madurez requiere más de 80 días de haber sido cosechado, OPIC (2013) mencionan al color como un patrón indicador de madurez de la calidad de tomate así como la uniformidad, la usencia de defectos por manejo mientras que su tamaño puede influir de manera importante en la expectativa de calidad comercial (Tabla 5).

Cabe mencionar que el grado de madurez a la cosecha es otro factor que incide sobre la calidad final de producto y el período de almacenamiento. Frutos cosechados con menor grado



de madurez son más firmes y por lo tanto se minimiza el daño mecánico durante todas las etapas post cosecha que involucre su manipulación (Inestroza, 1998).

**Tabla 5. Patrón de color de indicadores de madurez.**

CLASE DE MADUREZ		CARACTERÍSTICAS
	<b>Verde 1</b>	Al rebanar un fruto las semillas se cortan, no hay material gelatinoso en ninguno de los lóculos.
	<b>Verde 2</b>	Las semillas están completamente desarrolladas y no se cortan al rebanar el fruto, presentan material gelatinoso por lo menos en un lóculo. Es la madurez mínima a la que se puede cosechar.
	<b>Verde 3</b>	Presenta coloración roja interna al final de la floración, pero no manifiesta cambios de color externamente.
	<b>Estrella o rayado</b>	Comienza a mostrar color rosado externamente, rojo o amarillo al final de la floración. En la base del fruto da la apariencia de estrella.
	<b>Rosa</b>	En suma la superficie muestra un mínimo del 30% pero no más del 60% de color rosa o rojo.
	<b>Rojo</b>	Más del 90% de la superficie muestra color rojo.

Fuente: OPIC, (2013).

### 1.1.6 Enfermedades del jitomate

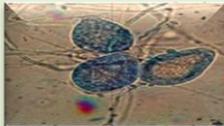
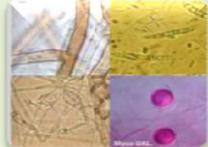
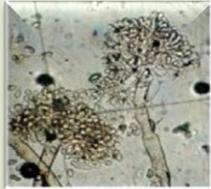
Los problemas fitosanitarios constituyen el principal limitante del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*) en las zonas productoras de México; por su importancia económica destacan las enfermedades fungosas (Michel-Aceves *et al.*, 2008).

Se ha reportado que durante el manejo pos cosecha de los productos vegetales se pueden estimar pérdidas hasta del 40% del total cosechado, estas varían entre productos, áreas de producción y época del año. De las principales razones que generan estas pérdidas está la incidencias de enfermedades causadas principalmente por hongos de diversos géneros (Ramos-García *et al.*, 2010).



En la Tabla 6 se muestran algunas de las principales enfermedades del jitomate así como su agente causal y algunas recomendaciones para su control e identificación.

**Tabla 6. Principales hongos que atacan al jitomate.**

Enfermedad	Agente causal	Descripción y control
<p><b>Tizón tardío</b></p> 	<p><i>Phytophthora infestans</i></p> 	<p>Produce manchas más grandes que el tizón temprano, tiene un color específico verde-gris oscuro, tiene anillos de esporulación blancos difícilmente visibles alrededor de las manchas y se presentan en condiciones húmedas. Para el control la pulverización foliar es efectiva.</p>
<p><b>Tizón temprano</b></p> 	<p><i>Alternaria tomatophila</i></p> 	<p>Las hojas tienen manchas secas marrones pequeñas y grandes, que normalmente tienen dibujos característicos concéntricos. El tizón temprano produce manchas rápidas marrones, y se presentan en sequía. El mejor momento para la pulverización es cuando aparezcan las manchas en las hojas superiores.</p>
<p><b>Damping off</b></p> 	<p><i>Pythium, rhizoctonia solani,</i></p> 	<p>Las semillas se pueden pudrir antes de la emergencia dando la apariencia de fallas de germinación. La fumigación y la solarización del suelo son efectivas formas de control. La enfermedad es menos severa si se mejora el drenaje del suelo y se planta en camas altas, evitando además los riesgos pesados.</p>
<p><b>Marchitez</b></p> 	<p><i>Fusarium oxysporum</i></p> 	<p>El primer indicio es un amarillamiento de las hojas inferiores, las cuales se marchitan, mueren adheridas a la planta posteriormente caen al suelo. Dar riegos ligeros y frecuentes para tener humedad constante en el suelo, rotación de cultivos, esterilización de suelos o sustratos en invernaderos y tratar la plántula por inmersión de raíz antes del trasplante con fungicida Benlate.</p>
<p><b>Podredumbre gris</b></p> 	<p><i>Botrytis cinerea</i></p> 	<p>El signo más característico de la enfermedad es la abundancia de conidióforos que crecen en el tejido necrótico con apariencia pelosa y gris parduzca. Para su control es efectiva la aplicación de fungicidas antes de que la planta forme una cubierta densa. La enmienda de suelos ácidos para incrementar el contenido de calcio.</p>

Fuente: CESAVEG (2010).



### 1.1.7 Métodos de conservación del jitomate

La calidad comercial de todo producto vegetal almacenado depende de factores externos como la temperatura, humedad relativa, contenido de oxígeno, anhídrido carbónico y etileno, y de otros propios del producto (madurez, sanidad, tamaño). La implementación de nuevas tecnologías para regular los procesos de maduración y senescencia permitiría incrementar el período de vida útil del tomate, logrando de esta forma aprovechar las ventajas comerciales de la contra estación.

Existen factores intrínsecos del tomate (calidad inicial, estado de madurez, tasa de respiración), y externos (temperatura y humedad relativa), que inciden en el proceso de maduración así como tecnologías adecuadas para optimizar la vida útil como el uso de atmósfera modificada, almacenamiento frigorífico, atmosferas controladas etc. (Inestroza, 1998).

El manejo post cosecha cuenta con varios métodos y técnicas (Tabla 7) para preservar los alimentos.

**Tabla 7. Métodos de conservación del jitomate.**

Método	Fundamento	Condiciones
<p><b>Refrigeración</b></p> 	<p>Las bajas temperaturas logran disminuir la tasa de respiración y la pérdida excesiva de agua, así como la velocidad de algunas reacciones bioquímicas y enzimáticas.</p>	<p>El tomate es un fruto climatérico, la temperatura recomendada para el almacenamiento del fruto maduro es de 10 °C, ya que por debajo de ésta pueden causar daño por frío.</p>
<p><b>Atmosferas modificadas</b></p> 	<p>Este sistema es un proceso dinámico en donde el envase cerrado interactúa con el producto envasado, para finalmente alcanzar un equilibrio en la atmósfera gaseosa interna.</p>	<p>Se debe tener una atmósfera enriquecida con CO<sub>2</sub> y empobrecida de O<sub>2</sub>. En el caso de tomates maduros las concentraciones óptimas de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> son de un 3-5% para ambos gases.</p>

Fuente: Inestroza (1998); Marriaga *et al.*, (2014); Ospina y Cartagena (2008).



**Tabla 7. Métodos de conservación del jitomate (Continuación)**

Método	Fundamento	Condiciones
<p><b>Recubrimiento comestible</b></p> 	<p>Es una película que envuelve al alimento y cuya función es mantener la calidad de los productos retrasando las principales causas de alteración a través de diferentes mecanismos.</p>	<p>Las materias primas empleadas en su formulación son de origen natural (gomas, proteínas animales o vegetales, lípidos) y son perfectamente biodegradables y por tanto seguros para el entorno.</p>
<p><b>Envase activo</b></p> 	<p>Está diseñado para interactuar de forma activa y continua con su contenido lo que implica una transferencia de masa ya sea absorbiendo o incorporando sustancias que amplíen el tiempo de conservación de los alimentos o mejorando el estado de los mismos.</p>	<p>Son materiales selectivos o sustancias que emiten o retiene gases y vapores, o bien modifican la composición y/o características del alimento, liberando sustancias de acción positiva sobre el alimento o absorbiendo/reteniendo componentes indeseables.</p>
<p><b>Aumento o disminución de la cantidad de etileno</b></p> 	<p>Retardo o aceleración de madurez. El aumento en la concentración de <math>C_2H_4</math>, en frutos climatéricos, el tomate, es auto catalítico por lo tanto una adición exógena de etileno sirve de mecanismo de disparo para la maduración.</p>	<p>Para el tratamiento, los tomates son expuestos a 100-150 ppm de etileno por 24-48 horas a 20-25° C y 85-90% de HR.</p>

**Fuente:** Catalá *et al.*, (2009); Losada *et al.*, (2011); Rodríguez-Sauceda *et al.*, (2014).

El envasado activo consiste en empacar productos en materiales con barrera a la difusión de los gases, reducir el crecimiento microbiano y retrasar el deterioro enzimático con el propósito de alargar la vida útil del producto.

Los tomates tienen una vida post-recolección relativamente corta, ya que algunos de los procesos que tienen lugar durante el almacenamiento disminuyen la calidad del fruto (Zapata *et al.*, 2007).

Los recubrimientos comestibles han sido utilizados para mejorar la apariencia y conservación de los alimentos. Éstos actúan como barrera durante el tratamiento, procesamiento y almacenamiento del fruto, y únicamente retardan el deterioro del alimento mejorando así su calidad, pero



además aumentan la seguridad del alimento debido a su actividad *viscidin* natural, o a la incorporación de compuestos antimicrobianos (Petersen *et al.*, 1999; Cha y Chinnan 2004).

## 1.2 Envases activo

### 1.2.1. Definición e historia

Envase activo es un concepto innovador que se puede definir como un modo de embalaje en el que el paquete, el producto, y el medio ambiente interactúan para prolongar la vida útil o mejorar las propiedades sensoriales de seguridad o, mientras se mantiene la calidad del producto (Suppakul, *et al.*, 2003).

Tradicionalmente una de las características mejor valoradas de los envases era su inercia frente al alimento a envasar. El envase debía actuar como un simple contenedor y barrera aisladora del medio exterior, con mínima incidencia sobre el producto envasado. En la última década se han desarrollado sistemas alimento/envase/entorno llamados “envases activos” que actúan de forma coordinada para mejorar la salubridad y calidad del alimento envasado y aumentar su vida útil.

Es decir, el envase pasa de ser un mero contenedor a desempeñar un papel activo en el mantenimiento o incluso en mejora de calidad del alimento envasado, una alternativa que empieza a ser usada para algunos productos y que presenta las mejores perspectivas de futuro es la introducción del principio activo en el propio material del envase, bien formando parte del polímero, bien incorporado por medio de algún componente del mismo (Catalá y Gavara 2001).

El concepto de envase activo no es realmente nuevo puesto que las hojas, con las que las poblaciones indígenas de países tropicales recubren algunos productos tradicionales por lo que actúan como envases activos ya que proporcionan al producto compuestos aromáticos y enzimas, así como agentes antimicrobianos que contribuyen a su conservación.

Debeaufort *et al.*, (1998) mencionan que en el siglo XIX, la sacarosa era aplicada como una cubierta comestible protectora sobre nueces, almendras y avellanas para prevenir la oxidación y rancidez durante su almacenamiento.



Por otro lado Catalá y Gavara (2001) mencionan que la utilización práctica del envase se desarrolló en las primeras décadas del siglo XX, con diferentes experiencias orientada a alargar la vida útil comercial de algunas frutas y carnes frescas. El desarrollo industrial de la conservación de alimentos frescos por control de la composición atmosférica, sin embargo, fue en los años 50, cuando la empresa americana Whirlpool Corporation desarrollo técnicas para el control directo de la atmosfera de conservación de productos hortofrutícolas. Desde su introducción, las técnicas de envasado han ido perfeccionándose hasta llegar a la situación de pleno desarrollo actual.

Bryan (1972), fue el primero en patentar un método para recubrir trozos de pomelo con una cobertura constituida por pectina de bajo grado de metoxilación dispersada en zumo de pomelo. Aunque esta patente constituye uno de los primeros ejemplos del uso de recubrimientos en frutas cortadas, su verdadero desarrollo y aplicación en este tipo de producto es mucho más reciente. McHugh *et al.* (1996) desarrollaron coberturas comestibles novedosas a partir de purés de frutas como manzana, pera, melocotón y albaricoques.

Recientemente, Olivas y Barbosa-Cánovas (2005) señalaron que los envases deben cumplir una serie de requerimientos para poder ser empleados en frutas frescas cortadas, entre los que se encuentran: estar constituidos por sustancias GRAS (generalmente reconocidos como seguros), ser estables bajo condiciones de alta humedad relativa, ser una buena barrera al vapor de agua, al oxígeno y al dióxido de carbono, presentar buenas propiedades mecánicas y de adhesión a la fruta, ser sensorialmente aceptable, ser estable tanto desde el punto de vista físico-químico como microbiológico, además de poseer un costo razonable.

El empleo de envases para prolongar la vida útil de los alimentos es de gran interés, ya que pueden mejorar las propiedades mecánicas del sistema del alimento, controlar la pérdida de sabores y aromas volátiles, actuando como barrera a la humedad, oxígeno y dióxido de carbono (Arias- Cruzado *et al.*, 2010).

El uso de un envase 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 entrecruzan tés, antimicrobianos, antioxidantes, emulsificantes, etc.) (Quintero *et al.*, 2010).

Actualmente no existe una legislación que regule y especifique el uso de los envases activos, por lo tanto, no se sabe si considerarlos como ingredientes de los alimentos o como aditivos. Todo depende de la aplicación que se les otorgue a estos; si mejora la calidad nutricional del alimento se considera como nutriente, de lo contrario se considera aditivo (Porrás, 2009).

### **1.2.2 Propiedades de los envases activos**

La industria de alimentos busca garantizar que el producto alimenticio sea seguro durante su distribución, manteniendo las propiedades iniciales del alimento recién obtenido es por eso que los envases activos deben ser caracterizados para determinar sus propiedades funcionales y sus posibles aplicaciones de manera que no afecten interna ni externamente la estructura del fruto. Para la selección adecuada del material de envases hay que atender a una serie de características y propiedades que definen su idoneidad (Tabla 8).

Cabe mencionar que las posibles interacciones entre alimento-envase-entorno pueden tener efectos indeseables como la transferencia de componentes tóxicos, sabores extraños, aromas indeseables, oxidación que produzcan pérdida de color, enranciamiento de grasa, pérdidas nutricionales (vitaminas y minerales) etc., sin embargo la buena selección de materiales y sus propiedades pueden traer beneficios como son envases inhibidores de microorganismos con actividad anti fúngica y comestibles (Vázquez, 2001).

Por lo anterior es esencial que la interacción entre el alimento-envase-entorno sea idónea que logre que toda la superficie del compuesto activo entre en contacto con el producto sin que el consumidor perciba nada adherido al producto (Calero, 2006).



**Tabla 8. Propiedades de los envases activos.**

PROPIEDAD	CARACTERÍSTICA
<b>Permeabilidad al vapor de agua</b>	La PVA es una un medida de la facilidad con que un material puede ser traspasado por vapor de agua. A mayor hidrofiliidad de los materiales utilizados, mayor permeabilidad al vapor de agua.
<b>Permeabilidad a los gases</b>	El control del oxígeno permite proteger a los componentes de los alimentos susceptibles a ser oxidados prolongando su vida útil de frutas y verduras al retrasar la maduración y senescencia.
<b>Permeabilidad a los aromas</b>	Los envases activos también presentan protección frente a la penetración de solutos o disolventes en el alimento que puede ocasionar toxicidad o la aparición de olores indeseables.
<b>Permeabilidad a los lípidos</b>	Muchos de los recubrimientos comestibles poseen componentes hidrofílicos, lo cual les otorga la propiedad de ser buenas barreras a los lípidos. Esta propiedad controla la migración lipídica.
<b>Tensión máxima</b>	Es la máxima tensión que puede soportar la película antes de romperse.
<b>Porcentaje de elongación</b>	Es el porcentaje en el que ha cambiado la longitud original
<b>Color</b>	Proporciona al fruto una mejora en parámetros como croma y hue relacionados directamente con el color, propiciando un atractivo visual más significativo.
<b>Luminosidad</b>	Incrementa o disminuye (de acuerdo a las características de cada fruto) la claridad u oscuridad del color en la superficie del fruto.
<b>Transparencia</b>	El recubrimiento debe permitir una transmisión de la luz considerable para no afectar la luminosidad y por consecuencia color del fruto, ocasionando la pérdida de un parámetro fundamental para el consumidor.

Fuente: Martín-Belloso *et al.* (2005); Porras (2009); Bosquez-Molina *et al.*, (2003).

### 1.2.3 Materiales para elaborar un envase activo

Se dispone en la actualidad de una gama de envases y embalajes de muy diversos materiales y características por ello, no puede pensarse en un envase ideal, con validez universal para todos los frutos. Para cada uno es necesario seleccionar el envase más adecuado en función de diversos parámetros, tales como las características del fruto, forma de transporte, sensibilidad a factores atmosféricos, vida útil, mercado consumidor, costos, etc. (Catalá y Gavara 2001).

Para la formación de un envase se necesita en primer lugar de una solución que pueda constituir una matriz estructural con suficiente cohesión (Debeaufort *et al.*, 1998).



Dichas soluciones pueden estar conformadas por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de los mismos (Krochta *et al.*, 1994).

Cuando se combinan lípidos, proteínas y polisacáridos que pueden interactuar física y/o químicamente, se pueden obtener recubrimientos con mejores propiedades. Sin embargo, la compatibilidad de los componentes es un punto importante a considerar cuando se trata de una mezcla de biopolímeros, ya que se puede alterar drásticamente el funcionamiento de los compuestos del recubrimiento (Diab *et al.*, 2001).

### 1.2.3.1 Matriz

Los componentes utilizados para la preparación de películas comestibles pueden ser clasificados en tres categorías: hidrocoloides (tales como proteínas, polisacáridos), lípidos (tales como ácidos grasos y ceras) y compuestos que les confieren diferentes propiedades fisicoquímicas (Donhowe y Fennema, 1993).

Diversos estudios reconocen la importancia de evaluar las matrices preformadas (Figura 5), con la tarea de cuantificar diversos parámetros como propiedades mecánicas, ópticas y antimicrobianas a fin de determinar las posibilidades de su aplicación como nuevo empaque, ya que crea una atmosfera modificada (AM) que restringe la transferencia de gases ( $O_2$ ,  $CO_2$ ) y se convierte en una barrera para la transferencia de compuestos aromáticos, pues las propiedades mecánicas y de barrera dependen de los compuestos que integran la matriz polimérica y de su compatibilidad (Altenhofen *et al.*, 2009; Miller y Krochta, 1997).



Figura 5. Diferentes materiales en la elaboración de envases activos.

Fuente: Kester y Fennema, (1986); Avena- Bustillos *et al.* (1994); García *et al.* (2000). Pérez-Gago y Krochta (2002); Ramos- García *et al.* (2010).



En la Tabla 9 se muestran diversos ejemplos de la adición de componentes activos a diferentes matrices de polímeros y los efectos que ejercen sobre sus propiedades.

Tabla 9. Caracterización de envases activos adicionados con componentes bio-activos.

Recubrimiento	Aditivo	PVA(g/m <sup>2</sup> )	Espesor (mm)	Color	Transparencia	Referencia	Observaciones
HPMC 1-4%	Betacianinas y glicerina	6.1 × 10 <sup>-10</sup> – 16.68 × 10 <sup>-10</sup>	0.0482-0.0543	No se realizo	2.09-3.10	Muhammad-Javeed <i>et al.</i> , (2012).	Las películas que contienen glicerina y NRC fueron casi idénticas antes y después del envejecimiento debido a la capacidad de la NRC para proteger de la luz al polímero de la oxidación.
Gelatina de piel de pescado 3.5%	Aceite de jengibre, glicerol y tween 20.	1.88 × 10 <sup>-11</sup> – 2.91 × 10 <sup>-11</sup>	0.041-0.057	L=89.84-91.11 a=1.88/3.02 b=4.13.43	1.45-3.02	Tongnuanchan <i>et al.</i> , (2013).	El color del aceite esencial afecta directamente el color de la película resultante.
AQCMC 2%	Extracto de hojas de murta, glicerol y aceite de girasol.	1.14 × 10 <sup>-10</sup> – 1.26 × 10 <sup>-10</sup>	0.066-0.071	No se realizo	No se realizo	Ramirez <i>et al.</i> , (2012).	Hubo una tendencia a aumentar la PVA con la incorporación del extracto.
Merluza (proteína en polvo) 0.9%	Aceites esenciales	5.92 × 10 <sup>-11</sup> – 3.77 × 10 <sup>-11</sup>	0.018-0.028	L=92.45-93.01 a=1.80-2.07 b=5.03-10.32	2.78-4.85	Pires <i>et al.</i> , (2013).	La adición de los aceites redujo la permeabilidad al vapor de agua.
Proteína de triticale 7.5%	Aceite de orégano.	0.33 × 10 <sup>-10</sup> – 0.40 × 10 <sup>-10</sup>	0.20	No se realizo	No se realizo	Aguirre <i>et al.</i> , (2012).	La adición del aceite no afecto la permeabilidad al vapor de agua.
Quitosan 1%	Extracto de menta. Extracto de piel de granada.	No se realizo	0.070	No se realizo	7.61-7.94	Kanatt <i>et al.</i> , (2012).	Incorporación de ME/PE reduce la transparencia.



Una de las proteínas que se usan con más frecuencia en la elaboración de recubrimientos comestibles es la gelatina ya que representa una alternativa viable como material formador de películas debido a su abundancia, bajo costo y disponibilidad (Geraldine *et al.*, 2008).



### **Grenetina**

La grenetina se usa en la industria alimentaria para espesar y texturizar alimentos, debido a sus buenas propiedades de gelificación. También tiene excelentes propiedades espumantes que se traducen a que es una buena película, comestible (Embuscado y Huber, 2009).

Además de que la grenetina también es un polímero biodegradable con muchas propiedades atractivas, tales como excelente bio compatibilidad, no antigenicidad, plasticidad y adhesividad, es ampliamente utilizado en biomédica y campos farmacéuticos y alimentarios. Por lo tanto, la grenetina es seleccionado como un candidato adecuado para elaborar recubrimiento comestible (Cheng *et al.*, 2003).

La grenetina se obtiene por hidrólisis controlada de la proteína fibrosa insoluble, colágeno, que se encuentra ampliamente en la naturaleza como el principal constituyente de la piel, los huesos y el tejido conjuntivo. La gelatina se compone de una secuencia única de aminoácidos. Los rasgos característicos de la gelatina son de alto contenido de los aminoácidos glicina, prolina e hidroxiprolina. La gelatina también tiene una mezcla de cadenas plegadas individuales y dobles de carácter hidrófilo (Ross *et al.*, 1987).

Aproximadamente a 40 °C, soluciones acuosas de gelatina están en el estado de sol y forman, geles termorreversibles físicas en el enfriamiento. Durante la gelificación, las cadenas experimentan una transición trastorno orden conformacional y tienden a recuperar la estructura de triple hélice de colágeno (Ross- Murphy, 1992).

La gelatina se usa para encapsular la humedad o la fase de aceite, ingredientes alimentarios bajos y productos farmacéuticos. Dicha encapsulación proporciona protección contra el oxígeno y la luz, así como la definición de la cantidad de ingredientes o la dosis del fármaco (Gennadios *et al.*, 1994). Por otro lado existen numerosos estudios que garantizan que el uso de recubrimientos a base de polisacáridos como alginato ayudan a alargar la vida útil de frutas



y hortalizas debido a propiedades coloidales únicas y a su habilidad para formar geles fuertes (Rojas-Graü, 2006).



### **Alginato de sodio**

El alginato, es un polisacárido derivado de algas marrones de origen marino, se encuentra formando parte de la pared celular de las algas, de forma análoga a la celulosa y pectina en la pared de las plantas.

El ácido algínico es un co-polímero insoluble, de bajo peso molecular de los ácidos gulurónicos y manurónico, pero sus sales de metales alcalinos son solubles en agua y forma geles rápidamente en presencia de calcio, los cuales presentan buenas características para ser empleados como películas comestibles. Las propiedades gelificantes del alginato se deben a su capacidad de formar enlaces con iones divalentes como el calcio (Negrete, 2009).

A pesar de la alta permeabilidad al vapor de agua forman geles de alta humedad que actúa como agente sacrificante de humedad evitando la deshidratación del producto que recubre (González M., 2013).

Los recubrimientos pueden servir como vehículos para un amplio rango de aditivos (plastificantes, antimicrobianos, antioxidantes, emulsificantes, etc.), incluyendo compuestos antimicrobianos, con la finalidad de proporcionarles mayores atributos como es el control de microorganismos.

#### **1.2.3.2 Aditivos**

Para proteger adecuadamente los alimentos, ya sea de factores externos como el oxígeno, vapor de agua, microorganismos o de las pérdidas en sus propiedades organolépticas, es necesario emplear envases que cumplan con unas características mecánicas, ópticas y de barrera que satisfagan las expectativas de todos los sectores implicados (consumidores, productores de alimentos, fabricantes de envases y distribuidores) (Blanot, 2014).

Ciertos aditivos empleados en los recubrimientos comestible permiten que exista mayor aprovechamiento de los mismos, generando un mayor interés en el estudio y aplicación de esta tecnología en distintos sectores alimentarios (Quintero *et al.*, 2010). Entre los aditivos



naturales están los aceites esenciales y extractos naturales. Se tiene amplia evidencia de que los aceites esenciales extraídos de diferentes plantas presentan inhibición contra hongos y bacterias (Ramos-García *et al.*, 2010).

Entre los compuestos más conocidos se encuentran: flavonoides, fenoles, glucósidos de fenoles, saponinas, etc. Los hongos están bien adaptados para utilizar una gran variedad de sustratos como fuente de carbono, nitrógeno y energía. De allí la dificultad que presenta su control (Davicino *et al.*, 2007).

En la Tabla 10 se muestran los diferentes aditivos que se usan en la industria de alimentos con la finalidad de mejorar las características de los alimentos de manera que sean atractivos y saludables para el consumidor.

**Tabla 10. Aditivos empleados en envases activos.**

ADITIVO	Plastificante	Emulsificante y surfactante	Antimicrobiano	Antioxidante
<b>DEFINICIÓN</b>	Sustancia no volátil con alto punto de ebullición, hace películas flexibles con fuerza de tensión. Una reducción en las uniones internas implica a su vez una menor cohesión del conjunto y una malla estructural más espaciada que facilita la difusión de los gases y el vapor de agua a través de la película.	Sustancias que incorporadas hacen posible la formación y/o mantenimiento de una dispersión uniforme entre dos o más sustancias inmiscibles. Las sustancias con capacidad emulsificante presentan una estructura dipolar, donde se distingue una parte hidrófila formada por grupos hidroxilo y otra lipófila.	Los compuestos antimicrobianos cuando establecen contacto con los alimentos, inhiben el crecimiento de microorganismos presentes en la superficie. Así mismo la preocupación por la salud ha incrementado la búsqueda por bioconservantes naturales.	El pardeamiento enzimático constituye una de las principales causas de deterioro en frutas cortadas, sin embargo, esto se puede evitar mediante la incorporación de antioxidantes en la formulación de los recubrimientos.
<b>EJEMPLO</b>	Polioles (glicerol) Oligosacaridos Lípidos.	Sales biliares, fosfolípidos, lecitinas y saponinas.	Ácido benzoico, sórbico, aceites esenciales y extractos vegetales.	Ácido ascórbico y ácido cítrico.

Fuente: Porras (2009); González-Olmos y Gúzman-Morfin (2011).



Sin embargo en México se encuentra una gran diversidad de plantas medicinales las cuales no solo han servido como cura para muchas enfermedades del ser humano sino que también son muy importantes para la industria alimentaria ya que pueden favorecer la inocuidad y estabilidad de los alimentos y protegerlos contra alteraciones lipídicas (Arcila-Lozano *et al.*, 2004).

Dentro de esta gran gama de plantas medicinales se encuentra el orégano (*Lippia graveolens*) originario de México. En la Tabla 11 se muestran algunos de los principales componentes de esta planta sin embargo la composición química depende de las condiciones climáticas y la época de recolección, procedimiento de deshidratación y condiciones de almacenamiento (Dafarera *et al.*, 2000).

**Tabla 11. Plantas con poder anti fúngico.**

Planta	Descripción	Usos	Composición
<p><b>Orégano</b></p> 	<p>Arbusto delgado de 2m de altura, las ramas y hojas con pelos cortos y suaves al tacto. Tiene agrupaciones de flores blancas en forma alargada. Originaria de América, presente en climas cálidos, semi cálido y seco.</p>	<p>Se preparan té para problemas estomacales, reductora de stress, y se utiliza como tónico para inflamaciones de la piel. Las flores secas tienen propiedades antisépticas, antimicrobianas.</p>	<p>Su aceite esencial contiene borneol, canfeno, carvacrol, cineol, mirceno, beta y alfa-pineno, terpinenol y timol, beta-cariofileno y humuleno, fenílico eugenol, naringenín y pinocembrín y papachenole.</p>
<p><b>Sangre de drago</b></p> 	<p>Es un arbusto de 50 cm a 1.50m de altura. Tiene un jugo incoloro que cambia a oscuro al contacto con el aire. Sus ramas son de color rojizo-moreno. Sus flores son pequeñas y en grupos de color rosa. Los frutos globosos de 1.5 cm de largo.</p>	<p>Cicatrizante, bacteriostático, bactericida, fungicida, antiviral, anti cancerígeno, ejerce una actividad antibiótica contra <i>Staphylococcus aureus</i>.</p>	<p>Se han identificado tres diterpenos. De las raíces se obtiene un aceite esencial, resina, saponinas, un alcaloide y ácido oxálico. De los tallos emana un látex rico en taninos.</p>

Fuente: UNAM (2015).



**Tabla 11. Plantas con poder fungicida (Continuación).**

Planta	Descripción	Usos	Composición
<p><b>Romero</b></p> 	<p>Arbusto de 1 a 1.5m de altura, aromático, verde ramificado con tallo cuadrado. Con flores blancas, rosas o azules con pétalos parecidos a unos labios. Los frutos son pequeños como nueces.</p>	<p>El extracto alcohólico y el aceite esencial han demostrado actividad antibiótica sobre <i>Clostridium botulinum</i>, y otras especies de <i>Clostridium Bacillus</i>.</p>	<p>Cineol, bornilo y acetato de bornilo. Ácidos rosmarínico, carnosólico, carnosol y rosmanol. Ácidos oleanólico, cafeico y clorogénico.</p>
<p><b>Yerbabuena</b></p> 	<p>Hierva con ramas erguidas. Las hojas son rugosas y aromáticas, con bordes dentados. Las flores se encuentran en unas espigas blancas.</p>	<p>Se reportó actividad antibacteriana y anti fúngica del aceite esencial. Su principal uso es contra diarreas fuertes y cólicas.</p>	<p>Cineol, limoneno, linalol, su acetato, mentofurano, alfa- y beta-pineno, piperitona, su óxido, y pulegona.</p>
<p><b>Santa maría</b></p> 	<p>Las hojas son de medianas a grandes; en la cara de abajo es gris. Las flores son blancas y están agrupadas. Los frutos son pequeños, secos y no se abren, habita en climas cálidos, semi seco o templado.</p>	<p>Esta planta ha sido evaluada para algunas acciones farmacológicas pero solamente ha reportado actividad positiva como anti fúngica.</p>	<p>Se han identificado flavonoides, monoterpeno éter dimetilico de la timohidroquinona, y componentes azufrados derivados del tiofeno.</p>

Fuente: UNAM (2015).

Los compuestos fenólicos encontrados en las esencias del orégano son considerados los responsables de inhibir el crecimiento de plagas y de toxinas en los alimentos (CONAFORT, 2009). En la actualidad existe una gran demanda de los compuestos minerales y esenciales del orégano por sus propiedades antioxidantes asociadas al carvacrol y el timol (Figura 6) fungicidas y bactericidas, (Aballa y Rose, 2001).

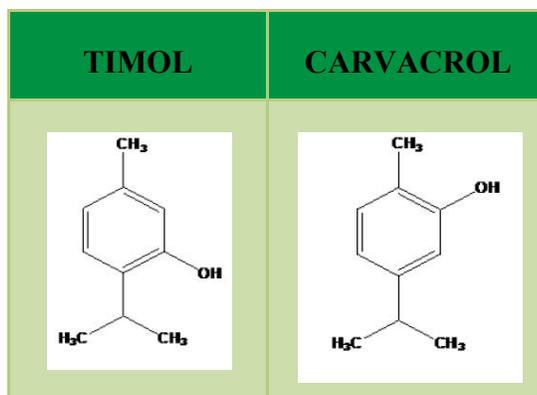


Figura 6. Estructuras de componentes antimicrobianos presentes en el orégano.

El timol cambia la permeabilidad de la membrana de las células microbianas dejando que se filtren los constituyentes químicos que son esenciales para el metabolismo, tales como ATP, ácidos nucleicos y aminoácidos lo que causa un incremento en la fase log provocando una disminución en la carga total (Jaramillo, 2014).

El carvacrol es capaz de desintegrar la membrana externa de bacterias gran negativas, permitiendo la salida de polisacáridos e incrementando la permeabilidad de la membrana citoplasmática (Lambert *et al.*, 2001). Es importante señalar que el mecanismo de acción del timol es similar a la del carvacrol ya que su estructura es similar.



### **Pruebas *in vitro* e *in vivo* de las propiedades anti fúngicas del extracto de orégano**

Existen múltiples estudios sobre el efecto que tiene la adición de extractos vegetales a envases activos y los posibles beneficios que pueden otorgar en la conservación de frutas y vegetales sin alterar su calidad alargando su vida útil, entre los extracto vegetales que han mostrado efectos en el control de plagas agrícolas está el extracto etanólico de orégano mexicano quien según lo descrito por Liu *et al.*, (2013) basa su efecto inhibitorio en el daño que ocasionan sus compuestos bio-activos ya que debido a la generación excesiva de especies reactivas al oxígeno o radicales libres que pueden conducir paralelamente al daño celular del microorganismo por alteraciones en la función de aparato genético, lo que resulta en el envejecimiento y prematura muerte celular así mismo Andrade *et al.*, (2015) obtuvieron mediante pruebas *in vitro* que metabolitos secundarios con actividad inhibitoria en extracto etanólico de orégano son los responsables de disminuir el crecimiento micelial de *Botrytis*



*cinerea* hasta un 44% mientras que al aplicar el extracto en fresas inoculadas se obtuvieron promedios altos de inhibición de crecimiento micelial (90.5%).

Un estudio realizado por De Rodríguez *et al.*, (2011) en el que el principal objetivo fue evaluar la actividad inhibidora *in vitro* de extracto de orégano contra *Rhizopus stolonifer* tuvo como resultados que a una concentración de 500 µl /L se presenta un efecto anti fúngico del 100% por otro lado Bolívar *et al.*, (2009) demostró el efecto del extracto de orégano en mango inoculados con *Colletotrichum Gloeosporioides* encontrando una reducción del hongo 37%.

Kocic-Tanackov *et al.*, (2012) investigaron la actividad anti fúngica del extracto de orégano en el crecimiento de las especies de *Fusarium* y *Penicillium* para ello analizaron la composición del extracto mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas identificando carvacrol (34,2%), carvona (18,5%), p-cimene (8,05%) y timol (3,74%) y concluyeron que una concentración de 2,50 ml / 100 ml el extracto de orégano reduce significativamente el crecimiento de *Fusarium* y *Penicillium* (88,84%, y 81.69% respectivamente) además de que a nivel celular, estos compuestos son capaces de inhibir enzimas, posiblemente mediante interacciones con las proteínas que trae como consecuencia el daño a la integridad de la membrana, lo que podría afectar el pH, homeostasis y el equilibrio de los iones inorgánicos (Cowan, 1999; Dambolena *et al.*, 2010; Lambert *et al.*, 2001).

De igual manera Sánchez (2013) evaluó el extracto de orégano a concentraciones de 1000, 2000 y 3000 ppm mediante pruebas *in vitro* con el propósito de seleccionar la concentración que presente el mayor porcentaje de inhibición sobre *Botrytis cinerea* cabe mencionar que compuestos como el carvacrol, timol ya han demostrado inhibir el crecimiento micelial de hongos como *Botrytis cinerea* (Plotto *et al.*, 2003) encontrando que la inhibición aumento conforme aumento la concentración del extracto por lo que la concentración de 3000 ppm produjo una inhibición del 100% durante 5 días. De acuerdo a lo anterior se concluye que el empleo de extracto etanólico de orégano presenta actividad anti fúngica ante hongos como *Botrytis cinerea* y de acuerdo a la bibliografía citada la concentración incrementa la actividad fungistática del extracto por lo que un extracto de orégano a una concentración de 4000 ppm sería la más adecuada para inhibir al *Botrytis cinerea*.

# OBJETIVOS





---

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Controlar al hongo *Botrytis cinerea* en jitomate tipo saladette mediante la aplicación de un envase activo adicionado con extracto vegetal de orégano como agente anti fúngico para evitar las pérdidas post-cosecha y alargar su vida útil.

### 2.2. OBJETIVOS PARTICULARES

**Objetivo Particular 1.** Desarrollar un envase activo a base de grenetina (1, 2 y 3%) y alginato de sodio (0.25, 0.5 y 0.75%) adicionadas con extracto etanólico de orégano y caracterizar sus propiedades físicas (color, transparencia, espesor) y de barrera (permeabilidad al vapor de agua) para seleccionar las que muestren mejores propiedades para su aplicación en la conservación de jitomate.

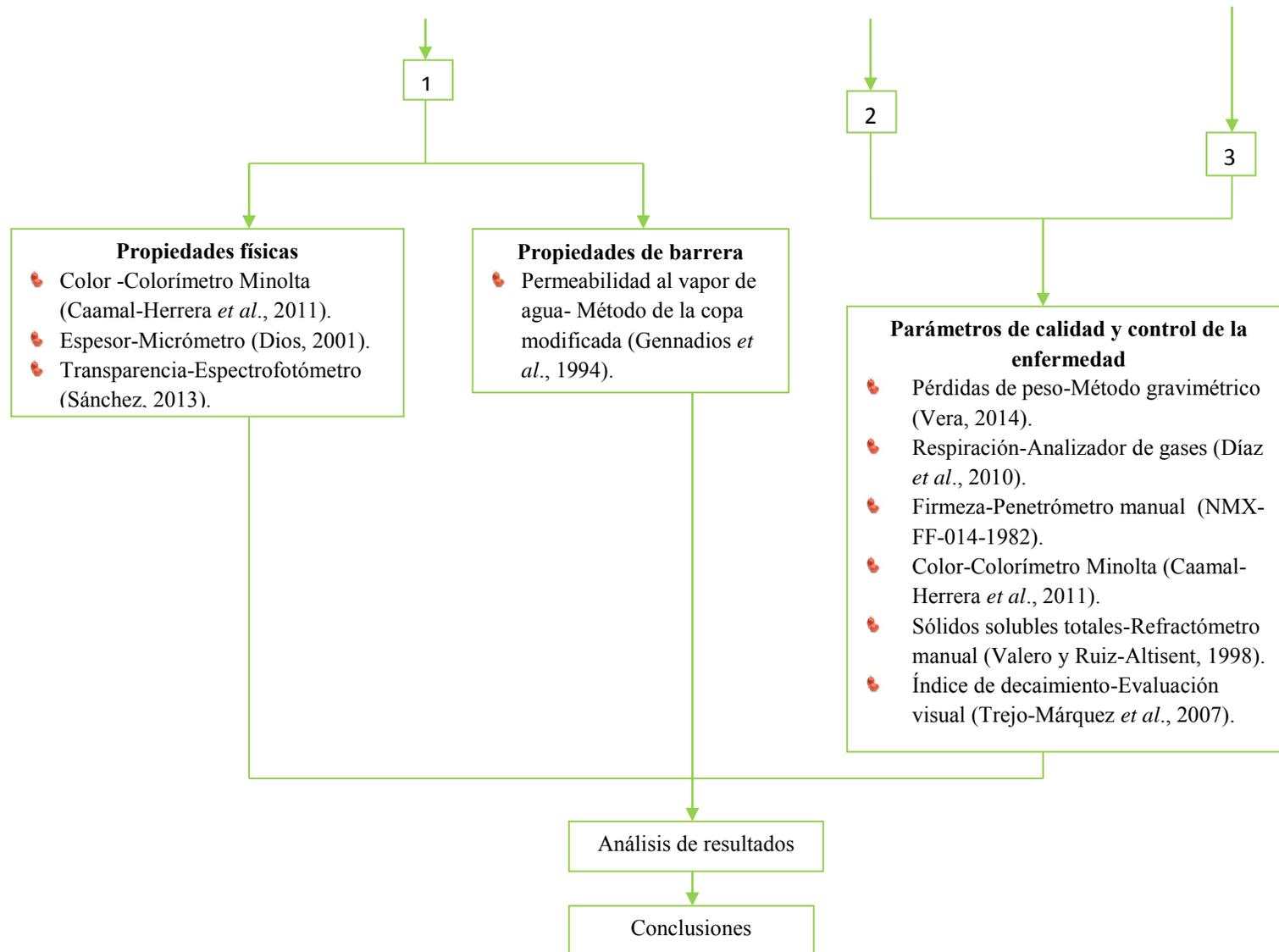
**Objetivo Particular 2.** Evaluar el efecto de los envases activos sobre los parámetros de calidad (color, firmeza de la pulpa, pérdida de peso, sólidos solubles e índice de deterioro) y fisiológicos (respiración) de jitomates tipo saladette como una alternativa de conservación de este producto.

**Objetivo Particular 3.** Comparar el efecto de envase activo liberador de compuestos anti fúngicos desarrollado con dos semi comerciales sobre los parámetros de calidad (color, firmeza de la pulpa, pérdida de peso, sólidos solubles e índice de deterioro) y fisiológicos (respiración).

# MATERIALES Y MÉTODOS









### 3.2 Material biológico

Las hojas de orégano (*Lippia Graveolens Kunth*) (Figura 7) se obtuvieron en el mercado del Carmen de Cuautitlán Izcalli, Estado de México y llevada al Laboratorio de Post Cosecha de Productos Vegetales del Centro de Asimilación Tecnológica (CAT) de la UNAM, en donde fue almacenada a temperatura ambiente para su posterior estudio.



Figura 7. Planta del desierto mexicano (orégano).

### 3.3 Obtención de extracto de orégano

De planta de orégano se tomaron y se molieron en una licuadora. La harina obtenida se tamizó y se pasó por un tamiz No. 40 para una eficiente extracción, se preparó una solución de etanol al 70% y en un matraz de Erlen Meyer se colocaron 5g de planta con etanol al 70%, usando una relación 1: 5. La muestra se sónico por 90 min con intervalos de 30 min para cambiar el agua. La muestra se filtró quedando una solución etanólica que se aforó a volumen inicial. Al extracto obtenido se le realizó la cuantificación de fenoles totales por el método de colorímetro modificado de Folin-Ciocalteu (Martínez-Cruz *et al.*, 2011) para generar las partes por millón (ppm) requeridas para determinar las propiedades fungicidas del extracto etanólico.

### 3.4 Elaboración de envase activos comestibles

Para la elaboración de las películas comestibles se empleó alginato de sodio y grenetina comercial. El plastificante utilizado fue glicerol anhidro (J.T. Baker) y el surfactante Tween 80 (Hycel de México S.A. de C.V) y extracto etanólico de plantas del desierto obtenidos por el método de extracción asistida por ultrasonido. El medio de extracción empleado fue etanol.

Los envases activos se prepararon a base de grenetina al 1, 2 y 3%; y de alginato al 0.25, 0.50 y 0.75%. La hidratación de la grenetina fue a 40<sup>0</sup>C, mientras que la de alginato se hizo a 25<sup>0</sup>C, con agitación constante en una parrilla eléctrica adicionando el glicerol (1%) seguido de tween 80 (0.60%) y al final el extracto de orégano a 4000 ppm, se mantuvo la agitación



contante hasta una solución homogénea y sin grumos. Los envases evaluados fueron en total 6 formulaciones, 3 a base de grenetina y 3 a base de alginato.

Posteriormente se tomaron 30 mL de cada formulación y fueron vaciados en platos de plástico de 15 cm de diámetro y se dejaron reposar a temperatura ambiente durante 48 horas sobre una base nivelada hasta su completo secado para posteriormente realizar su caracterización (Figura 8).

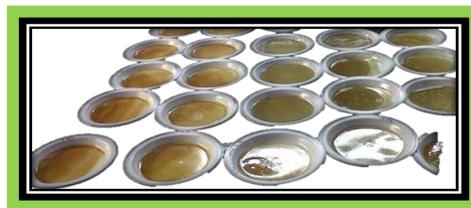


Figura 8. Envases adicionadas con extracto de orégano durante el periodo de secado.

### 3.5 Caracterización de películas modelo

Las películas elaboradas a base de alginato y grenetina adicionadas con extracto de orégano se caracterizaron a partir de sus propiedades físicas (color, espesor y transparencia) y de barrera (permeabilidad al vapor de agua) de acuerdo a las técnicas descritas.

#### 3.5.1 Propiedades físicas de películas



##### Determinación de color

La determinación de color se realizó siguiendo la metodología descrita por Caamal-Herrera *et al.*, (2011). La cual consistió en contar las películas en cuadros de 2 x 2 cm y tomar lecturas de acuerdo a la escala Hunter ( $L^*a^*b$ ) en un espectrofotómetro Minolta CM-600d (Figura 9), el cual utiliza una fuente de luz para iluminar la muestra a medir. La luz reflejada fuera del objeto pasa a través de unos filtros de vidrio rojo, verde y azul para simular las funciones del observador para un iluminante en particular. Una foto detectora ubicada más allá de cada filtro detecta, la cantidad de luz que pasa a través de los filtros. Estas señales por último, se muestran como valores de L, a, b con los que se reportó luminosidad y se calculó, tono ( $\text{hue} = \arctan b/a$ ) y croma ( $C = \sqrt{a^2 + b^2}$ ) (Moreno *et al.*, 2006).



Figura 9. Medición de color de jitomate con Espectrofotómetro Minolta CM-600d.



### Determinación de la transparencia

Las películas se cortaron en forma rectangular de 2 x 0.3 cm y se colocaron en celdas del espectrofotómetro (Thermo Spectronic Genesys 10 uv) en forma perpendicular al paso de la luz (Figura 10). En cada muestra fue evaluada la absorbancia en una longitud de onda de 600 nm y dividida entre su espesor. Como blanco se utilizó una celda vacía (Sánchez, 2013). Los resultados fueron reportados en nm/mm.



Figura 10. Celdas con envase activo para la determinación de transparencia.



### Espesor

El espesor de cada película fue medido en 10 puntos diferentes de cada película y eso se realizó por triplicado con un micrómetro (Figura 11), el cual está formado por un cuerpo en forma de herradura en uno de cuyos extremos hay un tope o punta en el otro extremo hay una pantalla digital granulada en medios milímetros, que sostienen la turca fija; el extremo del tornillo tiene forma de varilla cilíndrica y forma el tope móvil; mientras su cabeza está unida al tambor con la pantalla digital. Al hacer girar el tambor, el tornillo se enrosca o desenrosca en la turca fija y el tambor avanza o retrocede junto con el tope (Dios, 2001).



Figura 11. Medición de espesor de envase activo con un micrómetro Mitutoyo.

### 3.5.2. Propiedades de barrera de las películas



#### Determinación de permeabilidad al vapor de agua

La determinación de la permeabilidad al vapor de agua se determinó a través del método descrito en Gennadios *et al.* (1994) citado en Villaman (2007), con algunas modificaciones. Este método fundamenta que la permeabilidad se rige por dos mecanismos: difusión y la adsorción. El primer mecanismo para el flujo del vapor de agua o gas por la película o cubierta es por medio de una difusión activa en la que se incluye la solubilización del gas en la película, difusión a través de la película y finalmente el paso al otro lado de la película (Figura 12). El segundo paso del proceso depende del tamaño, forma y polaridad del penetrante, así como de la cristalinidad, enlaces y el movimiento de las cadenas poliméricas correspondientes a las matrices de las películas comestibles (Villalobos-Carbajal *et al.*, 2009).



Figura 12. Prueba de permeabilidad al vapor de agua.

El método antes mencionado consistió en llenar cajas Petri de manera que la superficie quedara completamente tapada con cloruro de calcio anhidro ( $\text{CaCl}_2$ ), las cajas fueron recubiertas con cada una de las películas generando una HR del 0% y estas cajas fueron colocadas en una cámara de ambientación con una HR del 100%. La cinética de pérdida de peso se registró en cada caja 2h durante 24h. Los resultados se expresaron en g/msPa.



En base a los resultados obtenidos se aplicó la siguiente ecuación.

$$WPV = \frac{WVTR \cdot X}{p^3 - p^2} \quad P^2 = P - (P - P^1) e^{\left( R \cdot T \cdot \Delta Z \cdot \frac{WVTR}{P \cdot D} \right)}$$

$x$  = espesor de la película (m)

$p^3$  = presión de vapor dentro de la cámara (KPa)

$p^2$  = presión de vapor corregida (KPa)

$p$  = presión atmosférica total (KPa)

$p^1$  = presión parcial de vapor de agua en la superficie del desecante dentro de la celda ( $p^1 = 0$ )

$T$  = temperatura absoluta durante la prueba (K)

$R$  = constante universal de los gases  $\left( m^3 \cdot \frac{KPa}{g} \cdot K \right)$

$D$  = coeficiente de difusividad del vapor de agua en el aire  $\left( \frac{m^2}{dia} \right)$

$\Delta Z$  = espacio entre la solución y la película ( $m^2$ )

$WVTR$  = pendiente de la regresión lineal de la tasa de transmisión de vapor

### 3.6 Aplicación de envase activo en jitomate saladette

#### 3.6.1. Material biológico

Los jitomates (*Lycopersicon esculentum*) fueron adquiridos en la Central de Abastos de la Ciudad de México fueron trasladadas al laboratorio de post cosecha de productos vegetales del Centro de Asimilación Tecnológica de la UNAM para su posterior estudio (Figura 13).



Figura 13. Material biológico (jitomates).

#### 3.6.2. Preparación del inóculo

Para la obtención del inóculo se trabajó con 10 cajas del hongo *Botrytis cinerea* con un crecimiento previo de 10 días en cajas Petri con medio de cultivo papa-agar-dextrosa a 25°C y a cada caja se le adicionó aproximadamente 1 mL de una solución tween 80 al 0.5% (la cual fue esterilizada previamente). Cada caja fue raspada con un bisturí estéril para poder arrastrar las esporas, posteriormente el volumen de cada caja se filtró obteniendo así el inóculo. Una vez que se obtuvo la solución con esporas se tomaron unas gotas y se colocaron en una cámara de NeuBauer y se hizo el conteo mediante diluciones hasta obtener una concentración de  $1 \times 10^4$  esporas/mL.



### 3.6.3. Tratamiento de la muestra

Los jitomates fueron recepcionados para después ser lavados con agua, jabón y agua con la finalidad de retirar cualquier residuos de tierra, polvo o materia ajena al fruto para posteriormente ser desinfectados e inoculados de acuerdo al diagrama de proceso de la Figura 14 cabe mencionar que previo a la inoculación los frutos se seleccionaron y lavaron de acuerdo a lo escrito en el manual técnico sobre inocuidad en frutas y hortalizas frescas (OIRSA, 2002).

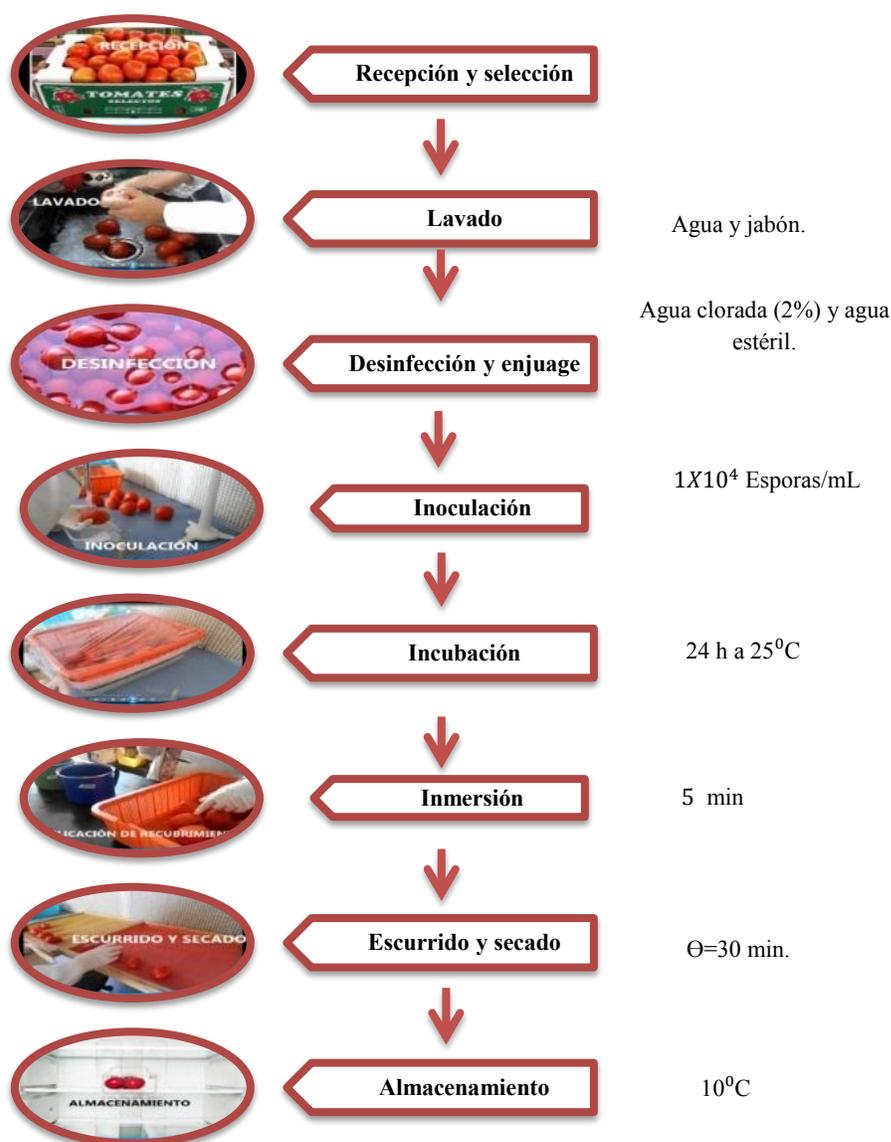


Figura 14. Diagrama de proceso de la aplicación de diferentes envases activos.



- **Selección:** Fueron seleccionados los jitomates que cumplieron con lo establecido por la norma NMX-FF-031-1997 con respecto a los parámetros de calidad como color, tamaño, firmeza y nivel de daño.
- **Lavado y desinfección:** Se desinfectaron los jitomates por inmersión en agua clorada al 2% durante 1 min, para finalmente ser sumergidas en agua estéril por 1 min (OIRSA, 2002).
- **Inoculación:** Se colocó 1 mL de inóculo antes mencionado sobre la epidermis del jitomate y se inoculó por frotamiento.
- **Incubación:** los jitomates inoculados se dejaron incubar durante 12 horas.
- **Aplicación de envase activo:** Se sumergieron lotes de 8 jitomates en 1L de envase activo comestible durante 5 min a una temperatura de 25°C.
- **Secado:** Se colocaron los jitomates en una malla y se dejaron secar por 1 hora en la campana de flujo laminar.
- **Almacenamiento:** Los jitomates se colocaron en tinas de plástico previamente lavadas y se colocaron dentro de la incubadora a una temperatura de 10°C durante 20 días. Durante el almacenamiento los jitomates fueron evaluados cada 4 días midiendo los parámetros de calidad (color, firmeza y sólidos solubles) mientras que la respiración y la pérdida de peso se midieron cada 2 días de acuerdo a las técnicas descritas a continuación.

### 3.7 Parámetros evaluados en jitomate



#### Determinación de color

El color de los jitomates se determinó midiendo en seis puntos diferentes de la epidermis de los frutos utilizando un colorímetro Minolta (CM-600d) con el cual se obtuvieron los valores de L, a y b de acuerdo a lo descrito en el apartado 4.5.1 y a partir de estos se calculó la luminosidad, el tono y el croma.



### Firmeza

La determinación de la firmeza de los frutos se realizó con un penetrómetro manual (Figura 15) con un cilindro de 5mm de diámetro el cual basa su funcionamiento en medir el esfuerzo necesario para vencer la resistencia que presenta la pulpa al introducir el embolo de metal. Los resultados fueron expresados en N/mm (NMX-FF-014-1982).



Figura 15. Penetrómetro manual.

### Pérdida de peso

El parámetro de pérdida de peso fue determinado por diferencia de pesos con una balanza analítica (modelo Scout pro) (Figura 16) se registró el peso inicial del fruto (día 0) y el peso obtenido cada dos días, los resultados se expresaron en % pérdida de peso. La determinación se realizó para cada tratamiento, así como para el tratamiento control (Vera, 2014).



Figura 16. Determinación del peso del jitomate en una Balanza analítica.

### Sólidos solubles

La determinación de sólidos solubles fue medido directamente mediante un refractómetro digital Atago (Figura 17), la medición se realizó colocando una gota del jugo extra do de cada



jitomate la gota de jugo fue colocada en el prisma del refractómetro midiendo el contenido de sólidos solubles expresando en °Brix (Valero y Ruiz-Altisent, 1998).



Figura 17. Refractómetro digital.



### Determinación de respiración

Para la determinación de la respiración se utilizó un método estático (Figura 18), el cual consistió en colocar las muestras en un recipiente impermeable y cerrado (recipiente de vidrio) con una concentración de aire inicial conocida midiéndose directamente los cambios en las concentraciones internas de CO<sub>2</sub> resultantes de la respiración después de un determinado periodo de tiempo (Díaz *et al.*, 2010). La generación de CO<sub>2</sub> se registró en el analizador de gases (marca Analyzer nite), el resultado se expresó en mg CO<sub>2</sub>/Kg peso fresco.



Figura 18. Prueba de respiración en los jitomate.



### Índice de decaimiento (ID)

Este parámetro se midió mediante la evaluación visual siguiendo una escala de 1 a 5 (Trejo-Márquez *et al.*, 2007) tomando como base el 1 para la aparición del hongo y 5 al fruto completamente cubierto de hongo. Esta prueba se realizó con el fin de identificar síntomas de podredumbre gris en el jitomate aplicando diferentes tratamientos.

$$ID = (\text{No. De frutos X nivel de daño}) / \text{No. De frutos totales}$$



Donde:

Nivel de daño	Daño en el fruto
1	No hay daño
2	Hay daño del 1-25% de la superficie
3	Hay daño del 26-50% de la superficie
4	Hay daño del 51-75% de la superficie
5	Hay daño en el 76-100% de la superficie

### **3.8 Análisis estadístico**

Para el análisis de resultados se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias con la prueba de rango múltiple (DUNCAN) aplicando un nivel de significancia de 0.05% el paquete estadístico que se usó en todos los objetivos fue el programa SPSS versión 19.

# **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**





## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Caracterización de envases activos

#### 4.1.1 Propiedades físicas

##### 4.1.1.1 Color



##### Determinación de la Luminosidad

La luminosidad es una característica que desde hace mucho años está relacionada directamente con la calidad de los alimentos. La luminosidad de las películas a base de alginato de sodio no presentaron una proporción directa con la concentración del polisacárido; sin embargo, esto no ocurrió con las películas a base de gretina, ya que la concentración propia de la matriz afectó directamente la luminosidad disminuyendo su valor al aumentar dicha concentración (Figura 19). Por otro lado películas de alginato (Figura 19A) a las concentraciones de 0.25, 0.50 y 0.75% registraron una luminosidad de 58.8, 54.8 y 57.0 respectivamente, siendo las películas a la concentración intermedia las que presentaron la menor luminosidad de manera que éstas presentaron una luminosidad 6.8% más bajo en comparación a la obtenida en las películas del 0.25%, quedando de manera intermedia las de concentración 0.75%.

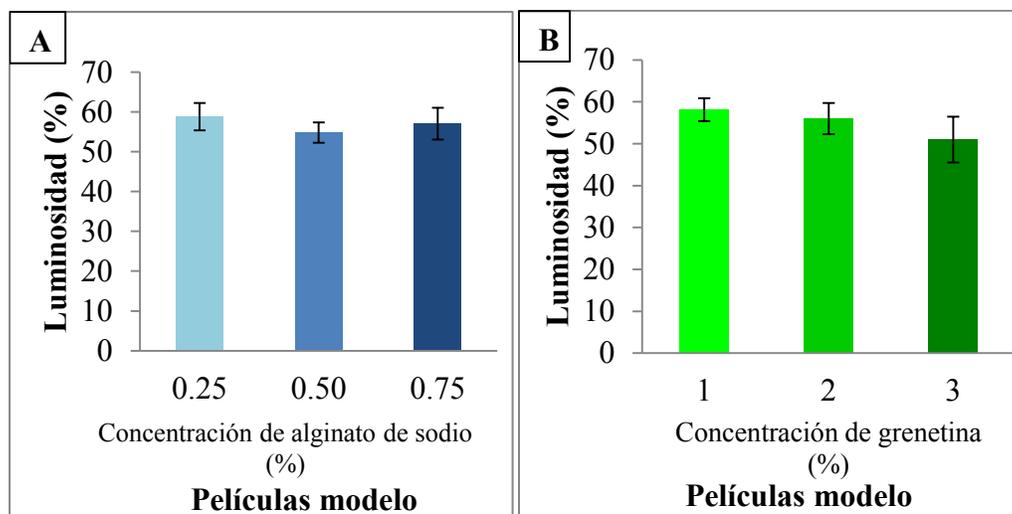


Figura 19. Luminosidad de las diferentes envases modelo con matriz de alginato (A) (0.25, 0.50 y 0.75%) y gretina (B) (1, 2 y 3%) adicionadas con extracto de orégano (4000 ppm). Las líneas verticales representan la desviación estándar.



La concentración del polímero no afectó la luminosidad de las películas pero el extracto sí, por lo que hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en la luminosidad de las películas al 0.25 y 0.50% de alginato, mientras que la concentración del 0.75% no mostró diferencia significativa en su luminosidad con las concentraciones antes mencionadas (0.25 y 0.50%).

En este experimento la luminosidad de las películas disminuyó conforme aumentaba la concentración de la proteína posiblemente debido a que el grosor de dichas películas aumentaba conforme la concentración de la gretina por lo que el paso de la luz fue mayor en las películas con los menores espesores. Por otro lado, las diferencias entre la luminosidad de las películas de alginato se atribuyen a que hubo partículas de polvo en la superficie de la película que minimizaron el paso de la luz a través de éstas.

Las películas de gretina (Figura 19B) a la concentración de 1% registraron 3.6% mayor luminosidad (58.1) que las elaboradas con una concentración de 3%, que fueron las que menor luminosidad presentaron, por lo que hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en su luminosidad de estas películas, sin embargo, la luminosidad de las películas elaboradas con la concentración de 2% que fue similar a ambas concentraciones.

Pires *et al.*, (2013) caracterizaron de películas a base de proteína de merluza adicionando aceites esenciales en las cuales obtuvo una transparencia de 92.5 la cual fue 37% mayor con respecto a la luminosidad más alta en las películas de gretina ( $L = 58.1$ ), así mismo Thakhiew *et al.*, (2013) estudió películas al 1.5% de Quitosán presentaron luminosidad altas (96.4), las cuales sólo presentan 40.9% más luminosidad con respecto a las estudiadas por Pires *et al.* (2013), el cual concluyó la luminosidad de las películas no se ve afectada por la adición de aceites ya que la cantidad añadida no es suficiente.

Películas con matriz de gelatina de piel de pescado al 3.5% mostraron una diferencia de 43.3% entre la luminosidad de las películas a la concentración más alta de gretina (3%) y la reportada en las películas de gelatina (89.8) esta diferencia pudo deberse a que en este proyecto se adicionó a las películas extracto de orégano, el cual disminuyó la luminosidad de las películas mientras que en las películas de gelatina se adicionaron aceites esenciales (Tongnuanchan *et al.*, 2013).



Se concluye que existe una relación directa entre el espesor de las películas con la luminosidad de estas además de que la concentración y el tipo de polímero utilizado influyen ya que un recubrimiento traslucido como es el alginato otorga una luminosidad mayor que recubrimientos a base de polímeros que presentan ciertas coloraciones amarillas desde antes de adicionar el extracto de orégano como es el caso de la gnetina.



### **Determinación del Croma**

Según Amal *et al.* (2010) el croma es la saturación del color que varía de débil (valor bajo) hasta el color intenso (de alto valor).

En la Figura 20, se puede ver que el croma de las películas no tuvo una relación directa con la concentración de los polímeros así mismo es importante mencionar que las películas de alginato presentaron cromas mayores que en las películas de gnetina esto debido a que el alginato por naturaleza es traslucido, por lo que los pigmentos provenientes del extracto de Orégano predominaron más en las películas de alginato que en las de gnetina.

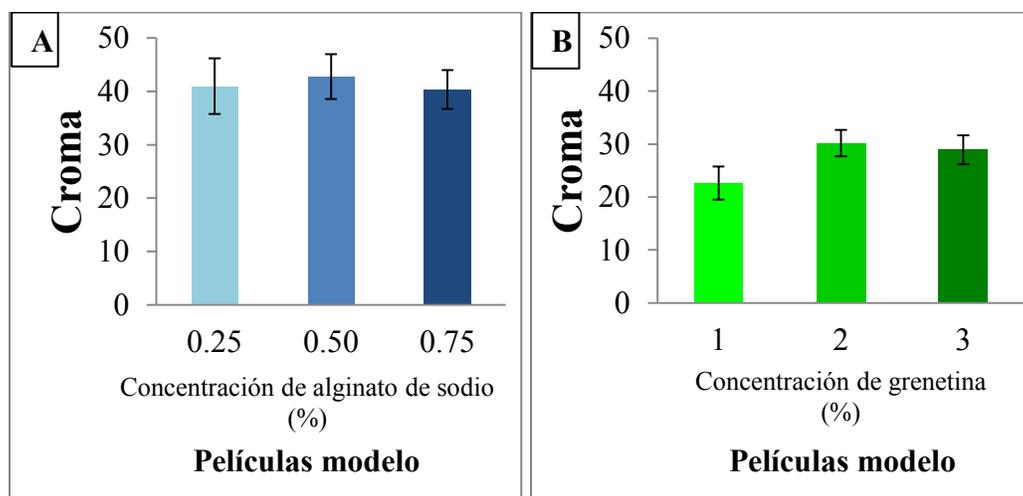
En la Figura 20A se exhibe la cromaticidad de las películas con matriz de alginato mostrando que la concentración que obtuvo el croma más alto fue la concentración al 0.50% (42.7), mientras que las películas a la concentración de 0.25% presentaron un croma de 40.9, siendo éste 4.21% menor en comparación con el croma de las películas al 0.50%, mientras que las películas a la concentración de 0.75% consiguió el croma más bajo (40.3) por lo que hubo una diferencia del 5.64% entre esta cromaticidad y la obtenida por las películas a la concentración a 0.50%.

A pesar de las diferencia entre el croma promedio de las películas de alginato a diferentes concentraciones, no hubo diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) entre dichos resultados, lo que se pudo deber a la hidrofobicidad del alginato, además de que al mezclarse los componentes del extracto del orégano estos interactuaron con los componentes de la matriz dando como resultado una coloración turbia que se vio reflejada en el croma de las películas.

El croma de las películas de alginato, al igual que el de las elaboradas con gnetina no mostraron una proporción directa entre la concentración del polisacárido y su croma; y los



valores de croma no obstante en ambos casos las películas que presentaron el valor más alto en cuanto a cromaticidad fueron los de las concentraciones intermedias (0.50% en el caso de alginato y 2% en el caso de la grenetina).



**Figura 20. Croma de los distintos envases modelo a base de alginato (A) (0.25, 0.50 y 0.75%) y grenetina (B) (1, 2 y 3%) adicionadas con extracto de orégano (4000 ppm). Las barras verticales indican la desviación estándar.**

Las películas a base de grenetina a las concentraciones de 1, 2 y 3% presentaron cromas promedio de 22.6, 30.2 y 28.9 respectivamente (Figura 20B). La concentración de 2 y 3% no presentaron diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) en su croma; sin embargo, si lo hubo con respecto a la concentración al 1%, lo que se pudo deber a la adición del extracto de orégano ya que la coloración final fue un verde olivo que se avivaba conforme aumentaba la concentración de la grenetina, lo que justifica el hecho de que las películas al 1% de grenetina presentaron el croma más bajo.

Cabe mencionar que las películas de grenetina presentaron una diferencia del 25% entre el croma de las películas al 1% con respecto a las del 2%, quedando así de manera intermedia las películas al 3% de grenetina las cuales presentaron un croma, 4.14% menor en comparación con el croma de las películas al 2%.

Los resultados obtenidos difieren de los reportados por Pires *et al.*, (2013) quienes reportaron un croma promedio de 10.52 en películas a base de proteína de merluza en polvo por lo que hubo una diferencia aproximada del 54% con respecto al croma promedio de las películas a base de gelatina (1%) ya que estas últimas registraron un croma de 22.64, aunque las diferencias de resultados se pueden deber a que se utilizó diferente matriz



adicionada con extracto. Así mismo se difiere del trabajo de Tongnuanchan *et al.*, (2013) que caracterizaron películas a base de gelatina de piel de pescado al 3.5% junto con aceite esencial de jengibre y obtuvieron un croma 63.62% más alto que la concentración de grenetina (3%).

Mientras que Hernández-Muñoz *et al.* (2003) obtuvo las cromaticidades más cercanas a los resultados obtenidos en las películas de grenetina de este proyecto al registrar que las películas a base de glutenina y gliadina presentaron cromas promedio de 22.8 y 23.6, respectivamente.

Se concluye que la incorporación de agentes microbianos como lo es el extracto de Orégano afecta el croma de las películas sin embargo en base a los resultados obtenidos y comprados con otros proyectos se comprueba la efectividad del uso de extracto de orégano.



### Determinación del tono

El tono ( $^{\circ}$ Hue) es un atributo de la sensación visual de color según la cual una superficie parece similar a uno, o proporciones de dos, de los colores percibidos: amarillo, naranja, rojo, verde, azul y púrpura. Es el estado puro del color, sin blancos o negros agregados (Valero, 2012). El tono de las películas elaboradas con grenetina fue 8% mayor que el de las hechas con alginato, lo que se pudo deber a su diferente composición, lo que hace que se vea reflejada en su tono (Figura 21).

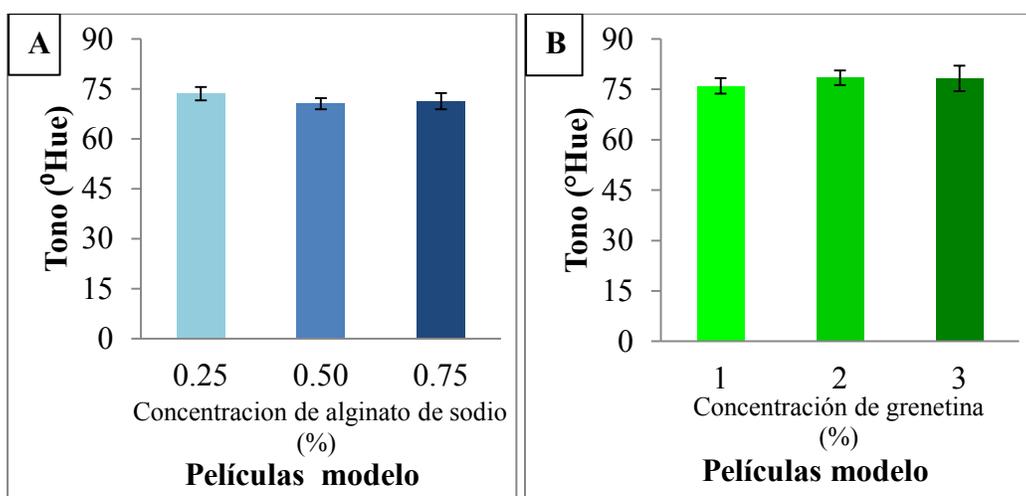


Figura 21. Tonalidades de los envases modelo con matriz de alginato de sodio (A) (0.25, 0.50 y 0.75%) y grenetina (B) (1, 2 y 3%) adicionadas con extracto de orégano (4000 ppm). Las líneas verticales representan la desviación estándar.



Las películas con matriz de alginato (Figura 21A) presentaron un tono amarillo, ya que el valor más alto (73.5 °hue) lo presentó la concentración de 0.25% y el más bajo (70.6°hue) la de 0.50% de alginato, quedando de manera intermedia las películas al 0.75% al mostrar 71.3 °hue, por lo que no hubo diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) en el tono resultante de las diferentes películas evaluadas. Estos resultados concuerdan las tonalidades obtenidas por Galus y Lenart (2013) quien reporta 81.6°hue en películas a base de alginato y menciona que las películas adquieren una tonalidad amarilla conforme aumenta la variable “b”.

En esta caracterización se observó que los pigmentos del orégano tienden a dominar las tonalidades de las películas de grenetina por lo que se recomienda su aplicación en frutos con tonalidades similares al orégano tales como el pepino, la calabaza, chiles o pimientos verdes para no afectar las características propias del fruto sin embargo se deben seguir realizando pruebas en estos frutos ya que sus superficies difieren.

El tono de las películas de grenetina (Figura 21B) se inclinó hacia una tonalidad verde demostrando valores de 76, 78.4 y 78.2 a concentraciones de 1, 2 y 3% respectivamente, por lo que no hubo diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) en la tonalidad de las películas a las tres concentraciones estudiadas, la tonalidad que registraron las películas fue originada por los pigmentos provenientes del extracto de orégano el cual tenía un color verde olivo por naturaleza y los cuales fueron arrastrados durante la extracción del orégano y adicionados a la matriz cuando fue adicionado a ella.

Estos resultados concuerdan con los reportados por Pires *et al.*, (2013), Thakhiew *et al.*, (2013) y Tongnuanchan *et al.*, (2013) quienes reportan tonalidades de 70° hue en películas a base de proteína de merluza, quitosán y gelatina de piel de pescado respectivamente, sin embargo existen diferencias mínimas entre los tratamientos debido a que la matriz polimérica no fue la misma.

#### 4.1.1.2 Determinación del espesor

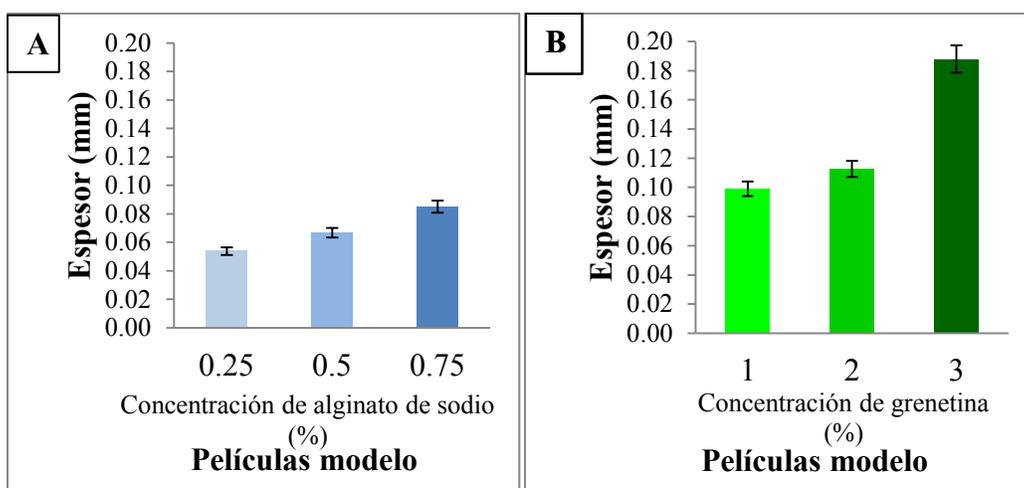
El espesor de las películas y recubrimientos comestibles es un parámetro importante ya que afecta directamente a las propiedades biológicas y la vida útil de los alimentos recubiertos. La eficacia de las películas comestibles y recubrimientos para la protección de alimentos depende principalmente en el control de la difusión de las soluciones de revestimiento, que



afectan el espesor de la película (Skurtys *et al.*, 2010). Tanto el contenido del plastificante como el espesor de las películas afectan de forma significativa su capacidad de protección, siendo las películas más afectadas las de menor espesor con el menor contenido de plastificante (Porrás, 2009).

En la caracterización de las películas de este proyecto fueron las películas a base de gretina las que presentaron los espesores más altos (0.099, 0.112 y 0.188 mm), mientras que todas las películas con matriz de alginato mostraron los grosores más bajos (0.054, 0.066 y 0.0850 mm), los cuales se pueden distinguir en la Figura 22, también mostrándose que las películas con la concentración a base de gretina al 2% tuvieron 58.9% mayor espesor que las películas de alginato a la concentración al 0.50%.

Películas elaboradas con matriz de alginato al 0.25, 0.50 y 0.75% (Figura 22A) presentaron espesores de 0.053, 0.066 y 0.085 mm respectivamente, mostrando que las elaboradas con la concentración al 0.75% registró el mayor grosor presentando una diferencia del 22.4% con respecto a las de la concentración intermedia (0.50%), mientras que las de la concentración más baja (0.25%) tuvieron 0.013 mm menor espesor que las de la concentración de 0.50%. Por lo tanto el espesor de las películas experimentadas a las concentraciones de 0.25 y 0.50% fueron similares entre estas concentraciones, pero presentó diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) con respecto al espesor de la mayor concentración (0.75%).



**Figura 22. Espesor de los diferentes envases modelos con matriz de alginato (A) (0.25, 0.50 y 0.75%) y gretina (B) (1, 2 y 3%) adicionadas con extracto de orégano (4000 ppm). Las barras verticales representan la desviación estándar.**



Estos resultados concuerdan con los reportados por Villalobos-Carbajal *et al.*, (2009) quienes obtuvieron un espesor promedio de 0.038 mm en películas a base de alginato a una concentración de 0.03% logrando así obtener películas con 28.3% más delgadas que las películas a base de alginato a la concentración más baja (0.25%). Además Terrazas-Hernández *et al.*, (2010) realizaron pruebas con películas a base de polisacárido péptico de cáscara de tuna (a la concentración de 0.1%) y presentaron valores de espesor solo 0.003 mm mayores que las películas con matriz de alginato a la concentración de 0.50%.

Películas de alginato presentaron grosores menores a los registrados por grenetina debido a que el alginato presenta una naturaleza hidrofílica, lo que hace que los componentes del polisacárido interactúen con el agua permitiendo una mejor fusión entre los componentes de estas películas (Avendaño-Romero *et al.*, 2013).

Las películas de grenetina a la concentración de 1% registraron un espesor de 0.099 mm siendo así 52.7% menos gruesas que las de concentración al 3% (0.188 mm) quedando las películas de una concentración intermedia (2%) con un espesor 59.9% más bajo con respecto a las de la concentración al 3%, por lo que no hubo diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) en el espesor de las películas a la concentración de 1 y 2%; sin embargo, las películas al 3% si presentaron diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) con respecto a las otras 2 concentraciones (Figura 22B).

Estos resultados difieren con los reportados por Rivero *et al.*, (2009) quienes caracterizaron las propiedades geológicas, de barrera y mecánicas de películas con matriz de grenetina a la concentración de 7.5% obteniendo un espesor promedio de 0.07 mm.

Sin embargo, de acuerdo a los espesores obtenidos en la caracterización de las películas de grenetina podemos decir que la concentración afectó directamente el espesor de dichas películas ya que aumentó conforme se incrementó la concentración de la proteína (grenetina), esto fue más notorio en las películas a la concentración de 3% debido a que la cantidad de agua retenida por estas películas fue mayor en comparación con las 2 concentraciones inferiores ya que durante el secado de las películas la cantidad de agua evaporada fue mayor en las películas a las concentraciones al 1 y 2% lo que provocó que su espesor fuera menor al de la película al 3%.



Además de que una elevada concentración de polímero implica un aumento de la viscosidad de la disolución, que puede conllevar a que esta no se extienda adecuadamente para formar capas finas (Cuq *et al.*, 1996).

De manera general se puede decir que el espesor incrementó conforme incrementó la concentración independientemente del polímero utilizado, siendo este mayor en películas de grenetina, lo que significa que las películas evaluadas podrían ser utilizadas como modelos para la decisión de sugerir o no a estos polímeros como recubrimientos de frutos, además de que entre mayor sea su espesor posiblemente mayor sea su protección.

#### 4.1.1.3 Determinación de la transparencia

En sentido físico las propiedades ópticas de los alimentos son las que se derivan de los fenómenos de transportación de la luz incidente como la transparencia. El color suele ser considerado la propiedad óptica más importante, mientras que la transparencia se relacionan con la cantidad de luz que el material deja pasar o que refleja en él (Calvo y Durán, 1997).

Las películas a base de alginato (Figura 23A) presentaron transparencias de 1.4, 1.5 y 1.1 nm/mm a las concentraciones de 0.25, 0.50 y 0.75% respectivamente, los resultados obtenidos mostraron que las películas elaboradas con la concentración más alta (0.75%) registraron la transparencia más baja (1.1 nm/mm) por lo que presentaron 26.4% menor transparencia que la de las películas al 0.50%, quedando así de manera intermedia la transparencia de las películas a la concentración más baja (0.25%) las cuales mostraron una transparencia de 1.4 nm/mm, por lo que hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre las transparencias de las películas a la concentración más baja (0.25%) y la más alta (0.75%).

Norajit *et al.*, (2010) en su investigación con películas de alginato al 2% con extracto de ginseng reportó valores de transparencia de 1.4, es decir, 9.2% más bajo a los valores obtenidos en las películas al 0.50% de alginato de esta investigación.

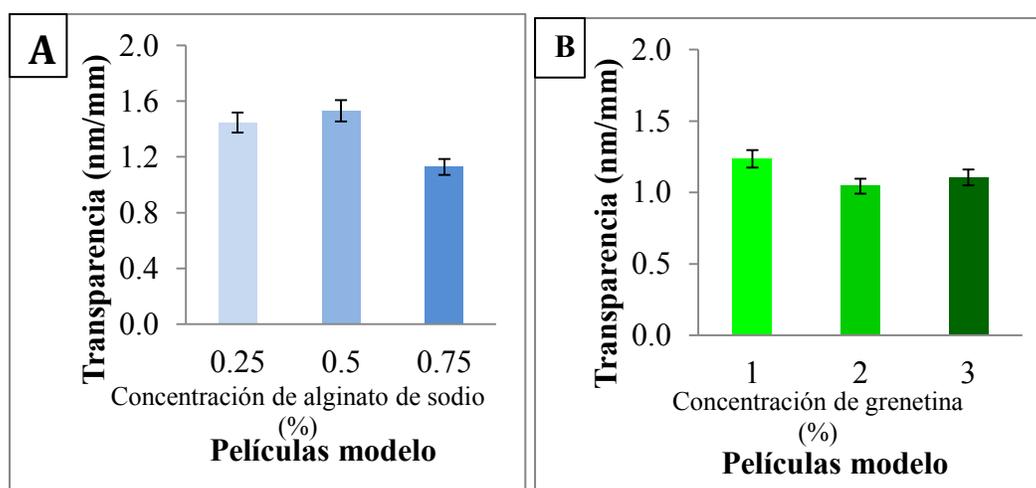
Sin embargo, las transparencias obtenidas en esta caracterización quedaron por debajo a las reportadas por Kanatt *et al.* (2012) quienes consiguieron una transparencia de 7.6 nm/mm en películas de quitosán al 1% mezclado con alcohol de polivinilo y extracto de menta y



piel de granada probablemente la diferencia sea por la mezcla de pigmentos provenientes de ambos extractos.

Por otro lado, Muhammad-Javeed *et al.* (2012) demostraron que la adición de plastificantes como el glicerol afectó la transparencia de películas a base de Hidroxopropilmetilcelulosa (HPMC) y colorante natural rojo (Betacianinas) al mostrar que la transparencia aumentó al adicionar el plastificante, desacorde a esto Jutaporn *et al.*, (2011) obtuvieron que el extracto de madera lejos de aumentar la transparencia en películas de HPMC solo la disminuyó, justificando que esto ocurría debido a la dispersión y retardo de transmisión de la luz al incorporar el extracto.

La transparencia de las películas de grenetina al 2 y 3% fue de 1nm/mm, siendo así 7.4% mayor su transparencia con respecto a las elaboradas con alginato al 0.75% que tuvieron una transparencia de 1.1nm/mm (Figura 23B), este resultado está de acuerdo con Pires *et al.* (2013) quienes informaron que la adición de aceite esencial de tomillo disminuyó la transparencia de las películas de proteína de merluza.



**Figura 23.** Transparencia de los diferentes envases modelos con matriz de alginato (A) (0.25, 0.50 y 0.75%) y grenetina (B) (1, 2 y 3%) adicionadas con extracto de orégano (4000 ppm). Las barras verticales representan la desviación estándar.

Tongnuanchan *et al.* (2013) usaron diferentes aceites esenciales (jengibre, cúrcuma y paj) en películas con matriz de gelatina de piel de pescado con lo que se obtuvo transparencias de 1.6, 1.5 y 1.5 respectivamente, el resultado indicó que las películas incorporadas con todo los tipos de aceites esenciales tenían el valor de transparencia más alta que la película



control contrario a esto Villalobos-Carbajal *et al.* (2009) obtuvo que la adición de aceite esencial de orégano disminuyó la transparencia de películas de alginato.

Las transparencias obtenidas en las películas con matriz de grenetina (Figura 23B) adicionadas con extracto de orégano presentaron diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ), esto no solo se debió a la adición del extracto si no a la concentración propia de la matriz la cual proporcionó una tonalidad amarilla conforme aumentaba la concentración de la grenetina por lo que al adicionar el extracto podría aumentar la opacidad de la película resultante (Tongnuanchan *et al.*, 2013).

Para finalizar podemos decir que la matriz polimérica influye directamente en la transparencia final de las películas, ya que la matriz de grenetina por naturaleza presentó un color amarillento lo que aumentó la opacidad y por ende al añadir el extracto disminuyó la transparencia.

#### **4.1.2 Propiedades de barrera**

##### **4.1.2.1 Permeabilidad al vapor de agua**

La presencia de una película comestible sobre un alimento para regular el intercambio molecular con el exterior del mismo puede proporcionar un aumento de su calidad y vida útil (Porras, 2009).

El uso de un recubrimiento con baja permeabilidad al vapor de agua (PVA) contribuye a retrasar la deshidratación superficial de los productos frescos como frutas, verduras y carnes (El Ghaout *et al.*, 1991). Las películas realizadas con polisacáridos ofrecen una pobre barrera al vapor de agua debida a su carácter hidrofílico, sin embargo ciertos aditivos pueden mejorar esta propiedad (Porras, 2009).

Las películas a base de alginato presentaron una PVA más del 100% inferiores que las de grenetina (Figura 24), debido a que las primeras moléculas de agua que pasan a través de la membrana se unen al alginato cerrando aún más la matriz polimérica evitando así el paso de vapor de agua través del tiempo, caso contrario con las películas de grenetina las cuales necesitan que la muestra sea calentada hasta conseguir la desnaturalización que garantice la formación de la red tridimensional de la proteína, por lo tanto se cree hubo una menor



interacción entre los componente de la mezcla por lo que las películas a base de gretina presentaron un comportamiento contrario a las de alginato, ya que al aumentar la concentración de la proteína en las películas su PVA disminuyo.

Las antes mencionadas diferencias en su comportamiento se atribuyen a que las películas a base de alginato se hidratan a temperatura ambiente afectando sus propiedades mecánicas y de barrera más rápido que las de gretina.

Las películas a base de alginato a las concentraciones de 0.25, 0.50 y 0.75% presentaron una permeabilidad de  $8.8 \times 10^{-11}$ ,  $1.1 \times 10^{-10}$  y  $1.4 \times 10^{-10}$  g/m s Pa respectivamente, siendo así la concentración de 0.50% un 21.4% más bajo en comparación con la concentración a 0.75%, mientras que hubo una diferencia de  $2.1 \times 10^{-11}$  g/m s Pa entre las películas a la concentración al 0.25% y 0.50% (Figura 24A).

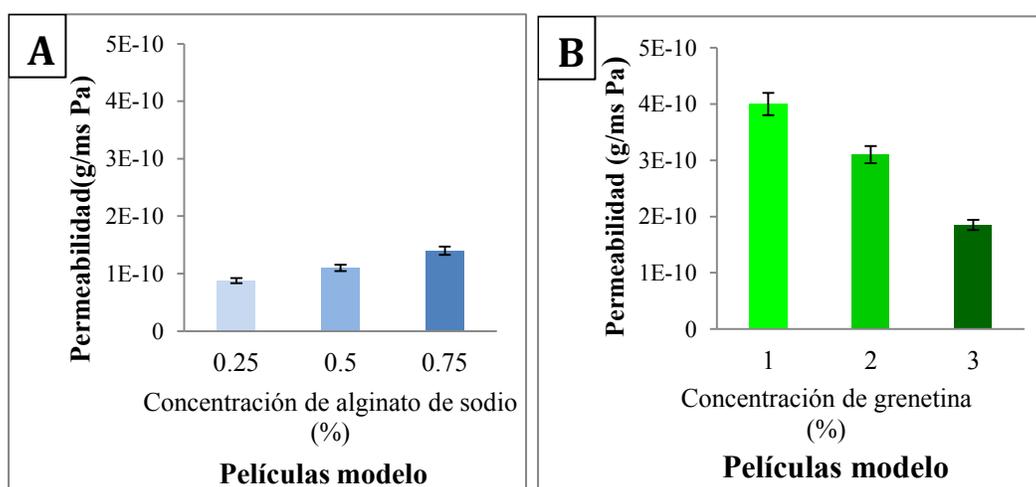


Figura 24. Permeabilidad al vapor de agua de los distintos envases modelo con matriz de alginato (A) (0.25, 0.50 y 0.75%) y gretina (B) (1, 2 y 3%) adicionados con extracto de orégano (4000 ppm). Las barras verticales representan  $\pm$  desviación estándar.

Según Moraes *et al.*, (2012) las películas a base de alginato de sodio y carragenina presentaron permeabilidades al vapor de agua de  $9.5 \times 10^{-11}$  y  $1.2 \times 10^{-10}$  g/s m Pa respectivamente, con lo cual demostró que la permeabilidad del alginato fue inferior a la de la carragenina probablemente debido a la reticulación iónica en las películas de alginato por lo que hay una reducción de la movilidad segmentaria del polímero (Hambleton *et al.*, 2009).



Mientras que Ramírez *et al.* (2012) reportaron que películas a base de CMC (2%) con extracto de hojas frescas de murta adicionado lograron permeabilidades al vapor de agua que van de  $1.1 \times 10^{-10}$  a  $1.2 \times 10^{-10}$  g/m s Pa y mostraron que hubo una tendencia a aumentar la barrera contra el vapor de agua con la incorporación del extracto esto puede ser explicado por el contenido de sólidos y de poli fenoles presentes ya que estos pueden interactuar con el polímero haciéndolo más compacta a matriz de la película.

Por otro lado Siripatrawan y Harte (2010), encontraron que la PVA de películas de quitosán con extracto de té verde fue menor cuando el contenido de extracto aumento en la formulación, variando de  $2.96 \times 10^{-12}$  g/ m s Pa (0% extracto) a  $1 \times 10^{-12}$  g/m s Pa (20% extracto), es probable que los poli fenoles presentes en el extracto de té verde puedan ser capaces de encajar en la matriz de quitosán y por lo tanto la cantidad de grupos de hidrogeno disponibles para formar un ion hidrófilo con moléculas de agua podría ser menor.

La PVA de las diferentes películas estudiadas con matriz de alginato presentó diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) debido a las diferentes concentraciones (0.25, 0.50 y 0.75%) evaluadas. Lo que significó que la concentración de polisacárido presente en las películas fue directamente proporcional a la PVA de las películas antes mencionadas.

Las películas a base de grenetina al 3% presentaron una permeabilidad al vapor de agua de  $1.85 \times 10^{-10}$  g/m s Pa, lo que fue 40.3% menor con respecto a las de la concentración al 2%, por lo que las películas a la concentración al 1% presentaron las permeabilidades más altas ( $4 \times 10^{-10}$  g/m s Pa) (Figura 24B).

Rivero *et al.*, (2009) caracterizó la permeabilidad al vapor de agua de películas a base de gelatina usando concentraciones al 5, 7.5 y 10% en combinación con quitosán al 1% obteniendo valores de entre  $1.8 \times 10^{-10}$ ,  $1.5 \times 10^{-10}$  y  $1.4 \times 10^{-10}$  g/ m s Pa respectivamente para cada concentración por lo que estos valores no difieren de los obtenidos en este proyecto al mostrar un comportamiento similar, ya que su permeabilidad disminuyó conforme aumentó la concentración de proteína al igual que en este proyecto ya la disminución de la permeabilidad fue proporcional al incremento de la concentración; sin embargo, la diferencia en las permeabilidades obtenidas se pudo deber a la adición de quitosán lo que provocó una disminución de la permeabilidad.



Tongnuanchan *et al.*, (2013) obtuvo permeabilidades de  $1.88$  a  $2.91 \times 10^{-11}$  g/m s Pa al usar gelatina de piel de pescado con aceites esenciales esto aunado al hecho de que al adicionar dichos aceites la hidrofobicidad de las películas aumento reduciendo así la tasa de transmisión de vapor de agua ( McHugh y Krochta , 1994 ).

Por último es importante concluir que la adición del extracto no tuvo ningún efecto sobre la permeabilidad ya que al ser un extracto etanólico por naturaleza se volatiza sin afectar la película por lo que los responsables del aumento o disminución de la permeabilidad dependerá del polímero usado.

## **4.2 Pruebas *in vivo* en jitomate tipo ‘saladette’ con aplicación de envase activos a base de alginato de sodio y grenetina adicionados con extracto de orégano.**

### **4.2.1 Parámetros de calidad**

#### **4.2.1.1 Determinación de color**

El color es el cambio más obvio que se presenta en muchos frutos y es el principal criterio utilizado por los consumidores para determinar si un fruto está maduro o no. Los cambios de color durante la maduración de la mayoría de los frutos son por la degradación de la clorofila y la síntesis de pigmentos tales como carotenoides y antocianinas (Brownleader *et al.*, 1999; Aguilar M., 2005).



#### **Determinación del Croma**

El croma siendo la saturación de color, depende de la calidad de partículas de pigmento en la superficie, las mezclas con los otros pigmentos o diluyentes disminuyen la saturación (Valero, 2012), donde se puede ver que al inicio del almacenamiento los jitomates con envase activo a base de grenetina reportaron el croma más alto ( $C=32$ ) seguidos de los recubiertos con alginato los cuales mostraron un croma de 29.2, mientras que el croma más bajo fue el registrado por los frutos sin envase activo ( $C=27$ ), el cual fue 15.6% más bajo en comparación con el más alto, esto debido al envase activo ya que intensificó el color por lo que hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre el croma de los jitomates con envase activo y sin envase activo (control) durante toda el almacenamiento con excepción del día 4 (Figura 25).



El croma de todos los jitomates incrementó 11% al cuarto día de almacenamiento; en comparación con el croma registrado al inicio del experimento, teniendo que los jitomates recubiertos con alginato y sin envase activo presentaron el mismo croma ( $C=33.1$ ) el cual fue 6.7% menor en comparación con los jitomates con grenetina, por lo que para este día de la experimentación no hubo diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) en el croma de los jitomates evaluados.

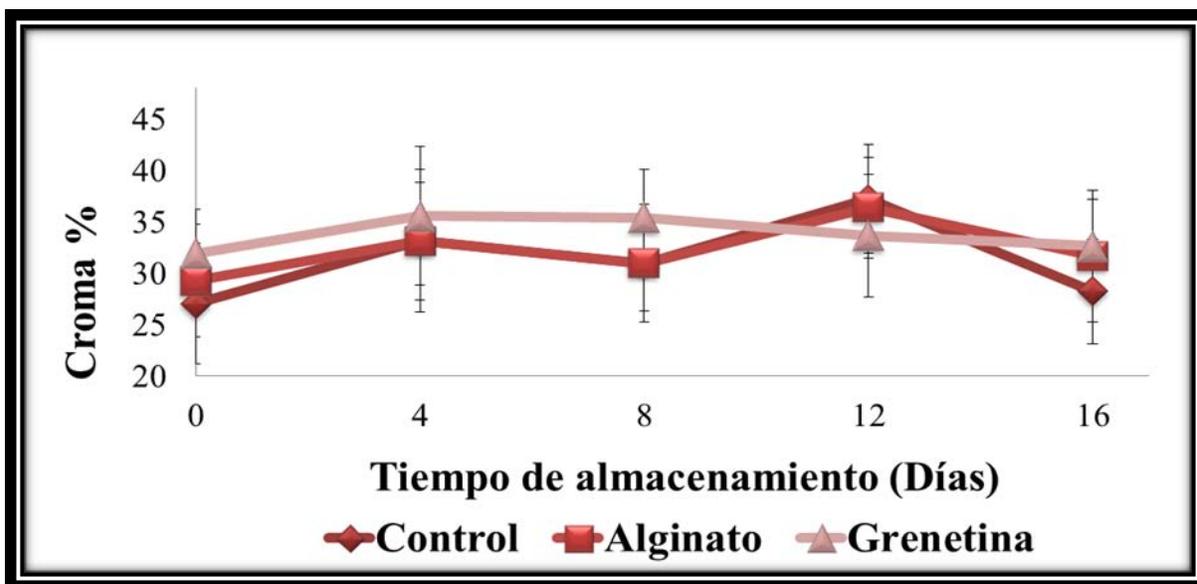


Figura 25. Cambios en el croma de los frutos con envase activo a base de alginato (0.25%) y grenetina (3%) adicionadas con extracto de orégano durante el almacenamiento. Las líneas verticales representan la desviación estándar.

Los jitomates inmersos en grenetina mantuvieron su pureza de color al 8vo día de almacenamiento, mientras que el croma de los tratados a base de alginato al igual que los frutos control presentaron una disminución del 6%, la cual fue de  $C=31$  en ambos casos. Al doceavo día el croma de los jitomates con envase activo de alginato mostraron un incremento aproximado del 21.6% con respecto al croma inicial de la evaluación. El incremento mostrado de este parámetro estar relacionado con un avance en el proceso de maduración y una acumulación de antocianinas ya que estos frutos presentaron coloraciones rojizas más oscuras. Al finalizar el periodo de almacenamiento los jitomates que presentaron el croma más alto ( $C=32.6$ ) fueron aquellos inmersos en grenetina seguidos de aquellos con alginato, ya que presentaron un croma de 31.6 mientras que los frutos sin envase activo registraron una disminución del 24.1% en comparación con el croma obtenido al día 12.



Sin embargo, estos resultados no concuerdan con los reportados por Raybaudi-Massilia *et al.*, (2008) quienes recubrieron rodajas de melón fresco con alginato y aceites esenciales ya que sus resultados demostraron que el croma del melón reducía conforme pasaba el tiempo de almacenamiento, lo que se consideró indeseable además de que la incorporación de aceites esenciales o de sus compuestos activos al envase activo comestibles afectó la vida útil de los melones recién cortados siendo en algunos casos inferior a 21 días.

Pastor (2010) reportó que croma de fresas recubiertas con Hidroxopropilmetilcelulosa disminuye desde el inicio hasta aproximadamente el sexto día del almacenamiento y prácticamente se mantuvieron constantes en los últimos días, dando lugar a muestras más oscuras, con una coloración rojiza menos viva por lo que tampoco coincidió con estos resultados ya que el croma nunca fue constante.

Con base en los resultados se puede decir que el envase activo a base de grenetina mantuvo el croma de los jitomates por más tiempo sin haber variaciones significativas mejorando este parámetro en los frutos.



### **Determinación del Tono ( $^{\circ}$ Hue)**

El tono representa el color percibido por el observador; cuando llamamos a un objeto rojo, naranja o amarillo estamos especificando el tono. Se define como una rueda de color, con el rojo-púrpura en un ángulo de  $0^{\circ}$ , amarilla en el  $90^{\circ}$ , de color verde azulado a  $180^{\circ}$  y azul a  $270^{\circ}$  (McGuire, 1992).

El tono de los jitomates con envase activo a base de grenetina presentaron 7.6% más que los recubiertos con alginato y 8.6% más que los sin envase activo, eso probablemente debido a la coloración generada por los pigmentos naturales del extracto de orégano mezclados con las tonalidades amarillezas propias de la grenetina los cuales al mezclarse realzaron las tonalidades propias de la piel del fruto (Figura 26).

Al inicio del almacenamiento los jitomates con envase activos a base de proteína presentaron una tonalidad de  $42^{\circ}$  hue por lo que fue 10.5% mayor en comparación con el tono de los recubiertos con alginato y sin envase activo, mientras que al día 4 del experimento, los frutos sin envase activo y con envase activo a base de grenetina



mostraron un incremento en del 7 y 1% respectivamente en la tonalidad por lo que no hubo diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) en el tono de estos dos grupos, a diferencia de la registrada por los jitomates recubiertos con alginato que registraron un valor de 37<sup>o</sup> hue.

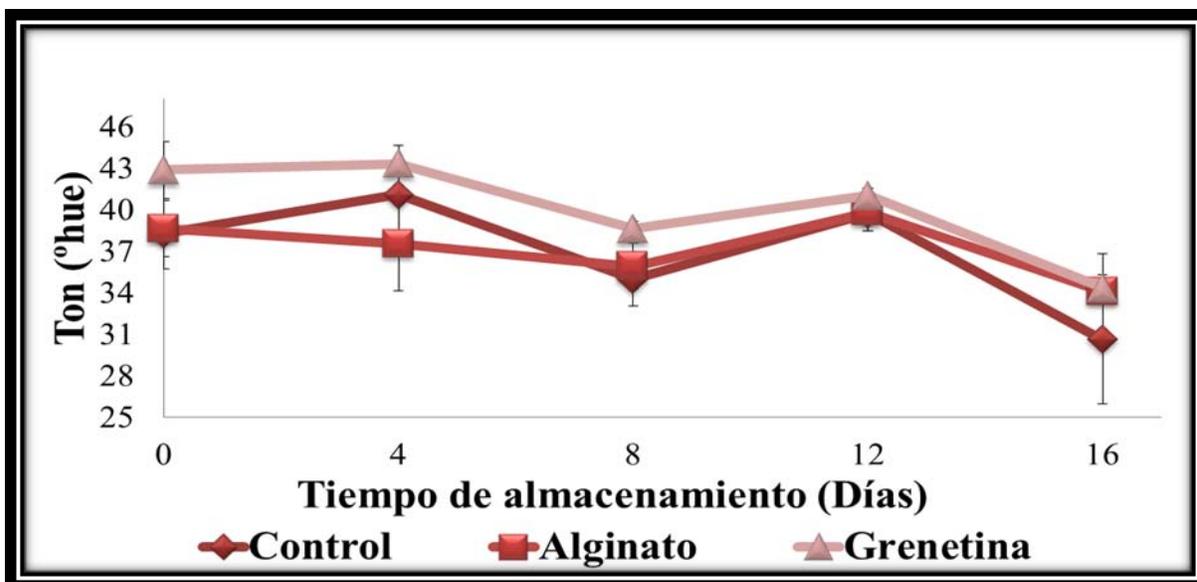


Figura 26. Cambios en el tono (°hue) de los frutos con envase activo a base de alginato (0.25%) y grenetina (3%) adicionadas con extracto de Orégano durante el almacenamiento. Las líneas verticales representan la desviación estándar.

Después de 8 días de aplicar el envase activo a base de alginato sobre los jitomates, estos presentaron 35.9<sup>o</sup>hue, mientras que los que carecían de envase activo y los tratados con grenetina registraron una disminución del 14.8 y 38.6% en su tonalidad respectivamente, por lo que no hubo diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ), tanto a los 8 y 12 días. Sin embargo; al doceavo día de estudio hubo un 7% de incremento en el tono de todos los jitomates con respecto al octavo día presentando un tono de 39.7<sup>o</sup>hue. Al finalizar el periodo de almacenamiento, hubo un descenso de 19.8% en el tono de los jitomates sin envase al igual que los tratados con grenetina, mientras que los frutos con envase activo a base de alginato registraron 11.7 con respecto al inicio del experimento (día 0) sin embargo si hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en el tono de los jitomates con y sin envase activo por lo que el uso de los envase activos tuvo un efecto benéfico en la conservación de la clorofila de las superficies de los frutos, mejorando la calidad organoléptica y la apariencia visual del producto.

Los resultados anteriormente reportados concuerdan con los de Zapata *et al.* (2007) quienes mencionan que la respiración en los tomates sin envase activo está relacionada con el



ablandamiento de estos frutos y con una gran disminución del ángulo Hue lo que concuerda con este proyecto ya que los frutos que registraron una mayor tasa de respiración fueron quienes presentaron los valores más bajos en tono.

En el desarrollo de este experimento, los jitomates sin envase activo demostraron tener la tonalidades más bajas, dichas disminuciones en la tonalidad se pudo deberá la acción de enzimas y la síntesis de antocianinas que son el resultados de cambios metabólicos como la respiración provocando ángulos de tono bajos.

Además, Cáceres *et al.*, (2003) confirmaron que empleando envase activos a base de cera de carnauba y éster de sacarosa observaron una reducción en el desarrollo del color (verde a amarillo) para frutos de mango recubiertos, en relación con aquellos frutos sin envase activo, con lo que corroboran que el uso de envases activos disminuyen la maduración de los productos en donde son aplicados. Amal *et al.*, (2010) mostraron que fresas sin envase activo desarrollaron valores de ángulo más rojos y con menos matiz por otra parte, los tratamientos recubiertas con timol dieron frutos con ángulo de tono menos rojos.

Estos resultados fueron semejantes con los obtenidos por Colla *et al.* (2006), que encontraron que en fresas tratadas el color externo e interno era más ligero que en el de las frutas sin revestir. Un tono uniforme e intenso en la coloración de los frutos es un indicador importante de la madurez en frutos en donde no hay cambios sustanciales luego de ser cosechados (no climatéricos), además de que también la pérdida de tono en un fruto entre otros factores puede ser indicador de reacciones enzimáticas durante le senescencia o incluso reacciones de ciertos microorganismos en el fruto (González, 2010).

Por lo anterior, el efecto de la adición de extracto de orégano a los envases se evidencia ya que desde el día uno el tono de los jitomates recubiertos fue mayor que en los frutos sin envase activo.



### **Determinación de la Luminosidad**

La luminosidad es la cantidad de luz emitida o reflejada por un objeto y en un color sería su claridad u oscuridad, al inicio de la experimentación los jitomates sin envase activo presentaron una luminosidad de 40.65 siendo este el valor más alto ya que los frutos



recubiertos con grenetina registraron una luminosidad 7.3% más baja en comparación con los sin envase activo, quedando así en un lugar intermedio los recubiertos con alginato ( $L=39.7$ ) de manera que hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre la luminosidad de los jitomates tratados con alginato y grenetina (Figura 27).

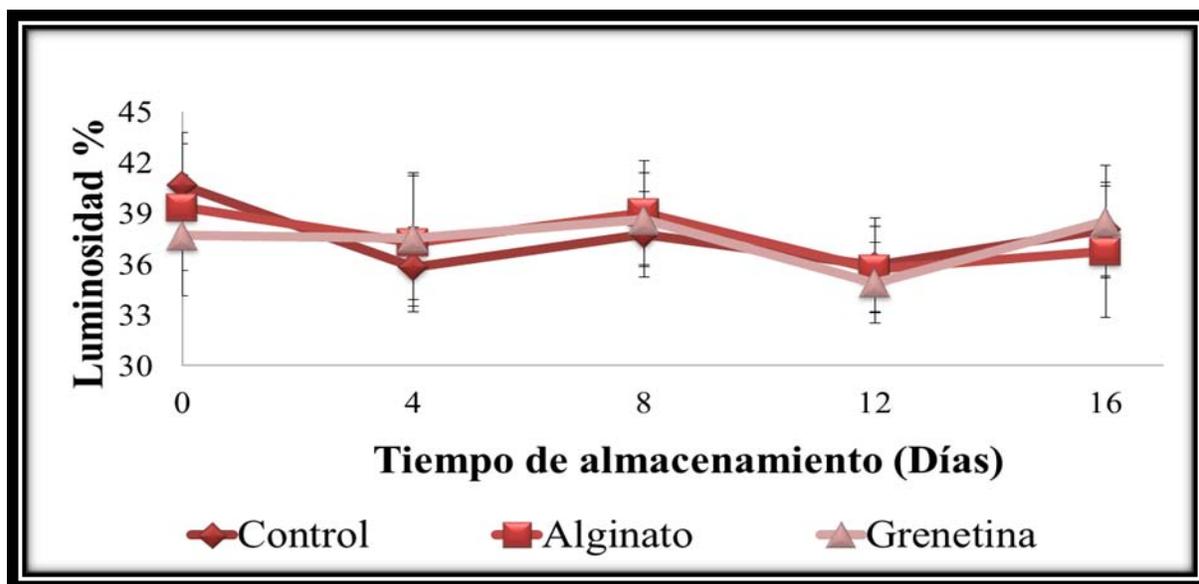


Figura 27. Cambios en la luminosidad de los frutos con envase activo a base de alginato (0.25%) y grenetina (3%) adicionadas con extracto de orégano durante el almacenamiento en refrigeración. Las líneas verticales representan la desviación estándar.

La luminosidad en la mayoría de los frutos (con y sin envase) al día 4 descendió, teniendo los jitomates sin envase activo una luminosidad de 40.6 al inicio la cual disminuyó a 35.8, los recubiertos con alginato mostraron 5.4% de descenso ( $L=39.3$  a  $37.2$ ), mientras que los jitomates inmersos en grenetina mantuvieron su luminosidad con un valor 37.6 por lo que la aplicación del envase activo provocó diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en la luminosidad de los frutos.

A mitad del periodo de almacenamiento (día 8) la luminosidad de todos los frutos incrementó un 5% en el caso de los jitomates control y con alginato, mientras que en los de grenetina fue de 3% con respecto al cuarto día de evaluación, mostrando una luminosidad de 38.8 por lo que no hubo diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) en este parámetro.

El uso de envases activos como alternativa de conservación, al igual que en este trabajo se evaluó en peras recubiertas con alginato (2%), los valores de  $L$  disminuyeron significativamente durante el almacenamiento y aunque los valores de  $a$  y  $b$  variaron



significativamente ( $P \leq 0,05$ ) esta variación fue menor que la observada para las muestras de control y las muestras revestidas con carragenina, lo que indicó que el envase activo con 2 % de alginato mostró una mejores resultados en mantener el color verde de la fruta (Moraes *et al.*, 2012).

Al concluir el periodo de almacenamiento (16 días) los jitomates tratados en grenetina presentaron una luminosidad de 38.5 siendo esta la más alta, seguida de los sin envase activo ( $L=38\%$ ) y finalmente los inmersos en alginato ( $L=36.7\%$ ) por lo que cabe mencionar que en esta etapa de la experimentación hubo deferencia significativa  $P (\leq 0.05)$  entre la luminosidad final de los frutos con envase activo.

Ramos (2012) mostro que la luminosidad en jitomates aumentó al aplicar cubiertas de quitosano caso similar al de Mahfoudhi *et al.*, (2013) quienes mencionan que la luminosidad en jitomates disminuyo gracias a la aplicación de recubrimientos base de goma de exudado de árbol de almendras lo que retraso la respiración y producción de etileno.

Dicho lo anterior podría decirse que la aplicación de los recubrimientos a base de alginato y grenetina (día 0) pudieron provocar un aumento en la respiración de los frutos y en la producción de etileno lo que contribuyó a la síntesis de licopeno provocando que los jitomates estuvieran más rojos y oscuros al inicio de la experimentación sin embargo también se observó una disminución en la luminosidad de los jitomates control con respecto a los frutos recubiertos por lo que el fruto pudo adaptarse a las nuevas atmosfera que lo rodeaba.

#### **4.2.1.2 Determinación de pérdida de peso**

Un factor importante, que es necesario para preservar la calidad de las frutas y verduras, es evitar la pérdida de agua. Antes de la cosecha, la fruta o verdura conserva la cantidad de agua almacenada en el interior mediante el reemplazo o recuperando el agua pérdida (debido a la transpiración) a través de las raíces. Cuando se cosecha la producción, pierde su fuente de agua, por lo que la recuperación de la pérdida de agua no es posible. Cuando se pierde agua, la turgencia de los productos disminuye, como lo hace la firmeza. El estrés hídrico también causa cambios metabólicos alteraciones en la activación de la enzima que causa la senescencia acelerada, la reducción de sabor y aroma, disminución del valor



nutricional y una mayor susceptibilidad al daño por frío y la invasión de patógenos (Embuscado y Huber, 2009). Uno de los propósitos de la aplicación de cubiertas sobre la superficie de frutos, es retardar la migración de humedad y la pérdida de compuestos volátiles (Del-Valle *et al.*, 2005).

Los jitomates con envase activos a base de grenetina presentaron pérdidas de peso en un rango de 0.4 a 3.12% desde el día cero hasta el día 16, la de frutos sin envase activo fue de 0.57% (día 2) a 3.4% (día 16), y la de los tratados a base de alginato fue de 2.93 al día 16 (Figura 28) por lo que dichos resultados no mostraron diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) en la pérdida de peso de los frutos durante toda la experimentación.

La pérdida de peso de todos los jitomates evaluados tuvo una tendencia a aumentar (3%) del inicio al final del estudio. La pérdida de peso no fue un resultado deseado ya que durante el almacenamiento la conservación de los alimentos debe ayudar a mantener las propiedades y/o cualidades originales hasta el punto de consumo.

Esto se logra mediante la protección del producto alimenticio contra las condiciones de su entorno y el control de la migración y de transferencia de masa, incluyendo la pérdida de agua, propiedades que están sujetas a cambios durante el almacenamiento y la distribución, debido principalmente a la migración de humedad, ya sea desde la comida hasta el ambiente o entre diferentes partes dentro de un producto heterogéneo compuesto (Embuscado y Huber, 2009).

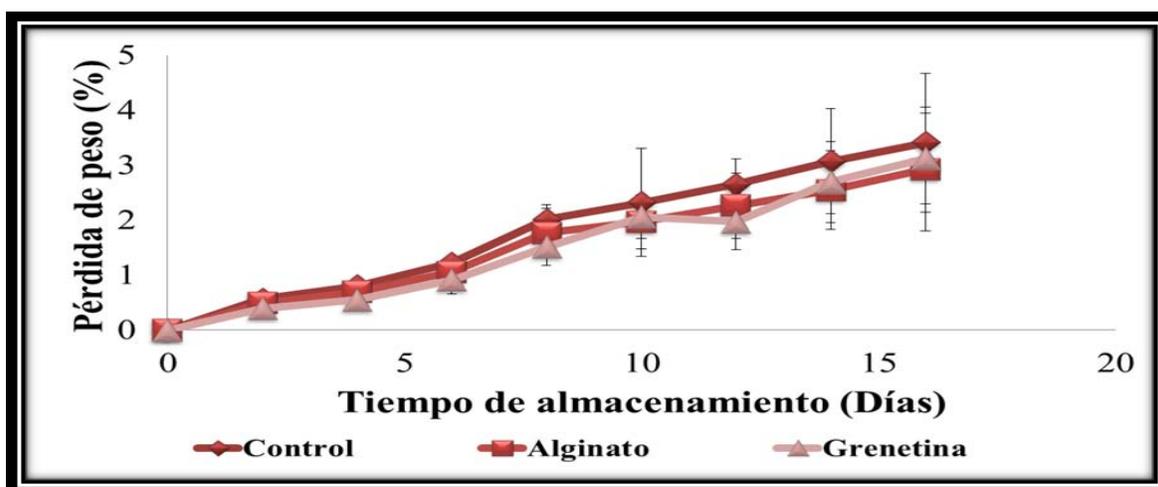


Figura 28. Cambios en la pérdida de peso de los jitomates con envase activo a base de alginato (0.25%) y grenetina (3%) adicionadas con extracto de orégano durante el almacenamiento en refrigeración. Las barras verticales representan la desviación estándar.



Los jitomates recubiertos con grenetina presentaron una pérdida de peso de 0.39% al día 2 lo que significó un 20.40% mayor pérdida de peso con respecto a los de alginato y 14% menor que los sin envase activo (0.49-0.57%). Al día 10 de almacenamiento los jitomates inmersos en grenetina presentaron 2.1% mayor pérdida de peso que los con alginato que mantuvieron una pérdida de peso de 1.97% menos que los jitomate control presentaron la mayor pérdida de peso (2.31%). Al día 12 de almacenamiento disminuyó un 4.4% la pérdida de peso de los jitomates con grenetina con respecto al día 10, caso contrario al de los controles y los inmersos con alginato ya que la pérdida de peso de estos dos últimos fue incrementando hasta el día 16, donde los jitomate con envase activo presentaron pérdidas de peso menores en comparación con los jitomates no recubiertos; dicha pérdida de peso fue ralentizada al aplicar los envase activos.

Por otro lado se han realizado estudios con películas a base de gelatina variando la concentración de glicerol (0.08, 0.50, y 0.92%) aplicados como envase activo a guayaba obteniendo que todos los frutos presentaron una pérdida de peso progresiva con el tiempo de almacenamiento tal y como se observó en el presente trabajo; sin embargo ésta fue más evidente en los frutos sin envase activo esto concuerda con los resultados obtenidos en jitomate aunque las variaciones de los resultados se pueden deber a los diferentes polímeros evaluados así como a su concentración.

La aplicación del envase activo de grenetina logró reducir la pérdida de peso al ser una buena barrera a la transferencia de vapor de agua durante el almacenamiento prolongando la vida útil, ya que los envase activos a base de proteínas y plastificadas con glicerol son excelentes barreras al O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, pero si son altamente hidrofílicas no son buenas barreras al vapor de agua (Galietta, 2001) y si se aplica este tipo de envase activos en conjunción con membranas hidrofóbicas, hace a este tipo de coberturas ideales para el estudio de pos cosecha de frutos, principalmente en aquellos frutos perecederos (Greener y Fennema, 1989).

Según Hobson y Grierson (1993) la menor pérdida de humedad tiene al menos dos consecuencias importantes: (1) el fruto mantiene su valor comercial ya que pierde menos peso y (2) se retrasa la maduración a través de inhibición de la enzima S-adenosyl



methionina sintetasa, cuya acción es promovida por déficit hídrico en el fruto y es considerada el paso limitante en la de etileno.

Zapata *et al.* (2007) recubrieron tomates con zeína y obtuvo que las pérdidas de peso aumentaron durante el almacenamiento para todos los frutos, aunque se encontraron pérdidas de peso finales de 6,54% en los frutos control y un 4,3% para los tratados con zeína lo que significó que la zeína provocó una pérdida de peso 2.6% mayor con respecto a la más alta registrada en este proyecto (3.4%).

De acuerdo a los resultados obtenidos en este proyecto y a los reportados por otros autores en general la pérdida de peso fue menor en frutos no recubiertos independientemente del tipo de envase activo usado, por lo que según Embuscado y Huber (2009) la migración incontrolada de agua es generalmente reconocido como el mayor desafío de almacenamiento de alimentos / transporte. Tanto la pérdida y ganancia de agua casi siempre se consideran indeseables. Incluso si la pérdida de agua no causa la contracción visible inmediata a un producto alimenticio, que se traduce en una pérdida económica a través de la pérdida de peso.

#### **4.2.1.3 Determinación de la firmeza**

La pérdida de textura es el cambio más notable que ocurre en fruta y vegetales durante el almacenamiento y está relacionado con los cambios metabólicos y con la pérdida de humedad (Aguilar-Méndez *et al.*, 2012).

De acuerdo a Barbosa-Cánovas (2003), además de que la fuerza de firmeza es el mejor indicador a nivel práctico para determinar la maduración de una fruta en sus diferentes etapas, ésta determina los niveles óptimos de consumo, transporte y manejo del producto.

La Figura 29 muestra los cambios en firmeza después de 4 días de almacenamiento, sin envase activo presentaron una firmeza de 47.2 N, mientras que los jitomates con envase activo a base de alginato y grenetina presentaron 23.9 y 37.4% menos firmeza en comparación con los jitomates control respectivamente, por lo que hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en la firmeza de los frutos recubiertos con respecto a los no recubiertos



Al día 16 de almacenamiento, los jitomates recubiertos con alginato presentaron los valores más bajos en firmeza (34.4 N) mostrando una diferencia mínima de 1.2 N con respecto a los frutos sin envase activo, mientras que los recubiertos con grenetina presentaron la firmeza más alta (43 N), sin embargo no hubo diferencia significativa en su firmeza lo que se atribuye a lo descrito por Bosquez-Molina *et al.*, (2003) consideran que un polímero de cadena lineal poco compacto forma un envase activo de baja funcionalidad, mientras que un polímero con elevado número de ramificaciones incrementa el nivel de cohesividad de los envase activos a medida que aumenta su concentración en la dispersión. Este efecto repercute en la funcionalidad de los envase activos al inducir la formación de estructuras resistentes y menor pérdida de firmeza.

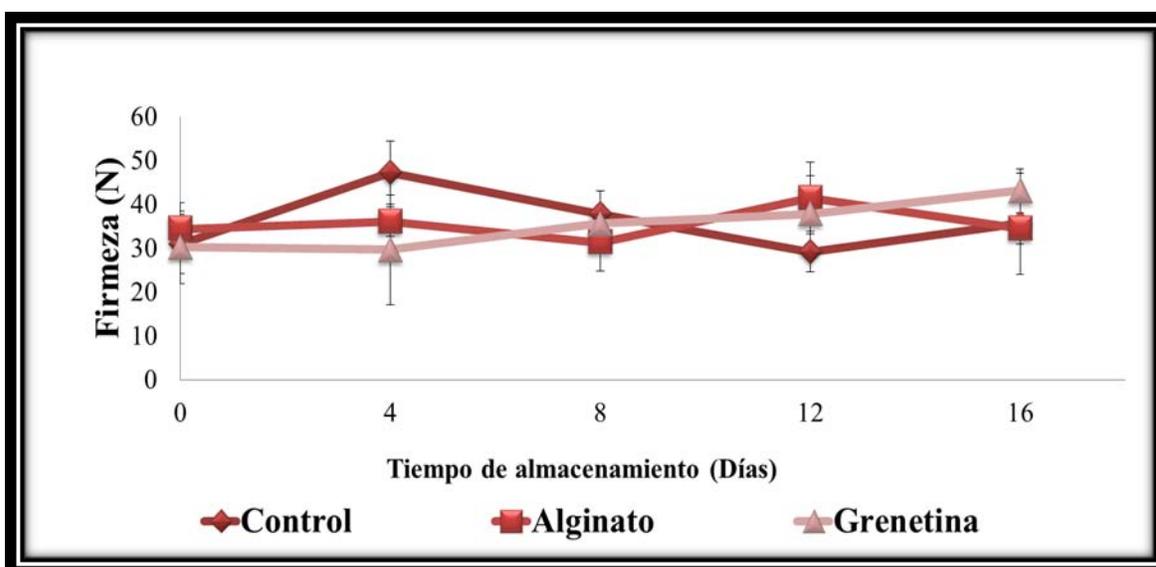


Figura 29. Cambios en la firmeza de los jitomates sin envase activo (control) y recubiertos con alginato (0.25%) y grenetina (3%) adicionadas con extracto de orégano durante el almacenamiento en refrigeración. Las barras verticales representan la desviación estándar.

Los resultados de los frutos sin envase activo presentaron la menor firmeza baja al finalizar el experimento lo que concuerda con lo reportado por Ali *et al.*, (2010) quienes trabajaron con jitomate recubierto con goma arábica y hacen mención de que la finalizar el experimento los jitomates sin envase activo presentaron la firmeza más baja además de que la máxima firmeza la obtuvieron al día 12, mientras que en este proyecto la máxima firmeza de los jitomates recubiertos también se obtuvo al día 12 de almacenamiento.

Por otro lado, los resultados obtenidos no concuerdan con los reportados por Zapata *et al.*, (2007) quienes reportan una disminución en los primeros cinco días de almacenamiento de



tomate sin envase activo, mientras que en este proyecto la aumento los primeros 4 días en los frutos control para después descender, mientras que la firmeza de los jitomates recubiertos con grenetina incrementó.

Es importante mencionar que en este proyecto los niveles más bajos de respiración lo registraron los jitomates recubiertos y de acuerdo con estos hallazgos, Park *et al.*, (1994) reportaron que la respiración y el consumo de O<sub>2</sub> de los tomates revestidos de maíz-zéina eran más bajos que los tomates no recubiertos por lo que reducción en la respiración de los tomates revestidos podría ser responsable del retraso de la maduración que dio lugar a la retención de la firmeza durante el almacenamiento.

#### 4.2.1.4 Determinación de sólidos solubles

Los °Brix representan el % de sacarosa que hay en el jugo del fruto y es un parámetro indicativo de la madurez de los frutos ya que los valores usualmente se incrementan en el periodo de maduración (Aguilar-Méndez *et al.*, 2012). Aguayo y Artés (2004) consideran que para tener un aroma y un sabor óptimos, los tomates deben tener un contenido en sólidos solubles (TSS) de entre 4 y 6 °Brix.

A lo largo del experimento hubo variaciones en el contenido de sólidos solubles (Figura 30) de los jitomates recubiertos y sin envase activo; sin embargo, los frutos con envase activo fueron los que presentaron los valores más bajos en el contenido de sólidos solubles.

Al inicio del almacenamiento (día 0), los jitomates sin envase activo presentaron el mayor contenido de SST sólidos (4°Brix) seguidos de los inmersos en alginato (3.7 °Brix) teniendo el valor más bajo los frutos tratados con el envase activo a base de grenetina (3.6 °Brix).

Después de 4 días de almacenamiento el contenido de sólidos solubles aumento 24.3% en los jitomates recubiertos con alginato (3.7 a 4.6 °Brix) en inmersos en grenetina incrementó 9.72% y en sin envase activo ascendió a 4.45 °Brix, por lo que no hubo diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) entre el contenido de sólidos solubles de los jitomate evaluados.



Al día 8 todos los frutos registraron disminuciones en el contenido de SST con respecto al día 4, los jitomates sin envase registraron 3.6<sup>o</sup>Brix, los SST con el envase a base de alginato disminuyó 24% y los inmersos en grenetina presentaron una disminución del 2.5% sin embargo no hubo diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) en el contenido de SST de los jitomates a la mitad del periodo de almacenamiento. Al día 12 de almacenamiento hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en el contenido de SST de los frutos sin envase activo y los jitomates recubiertos ya que los sólidos solubles de los jitomates sin envase fueron 18% mayor que los de los recubiertos.

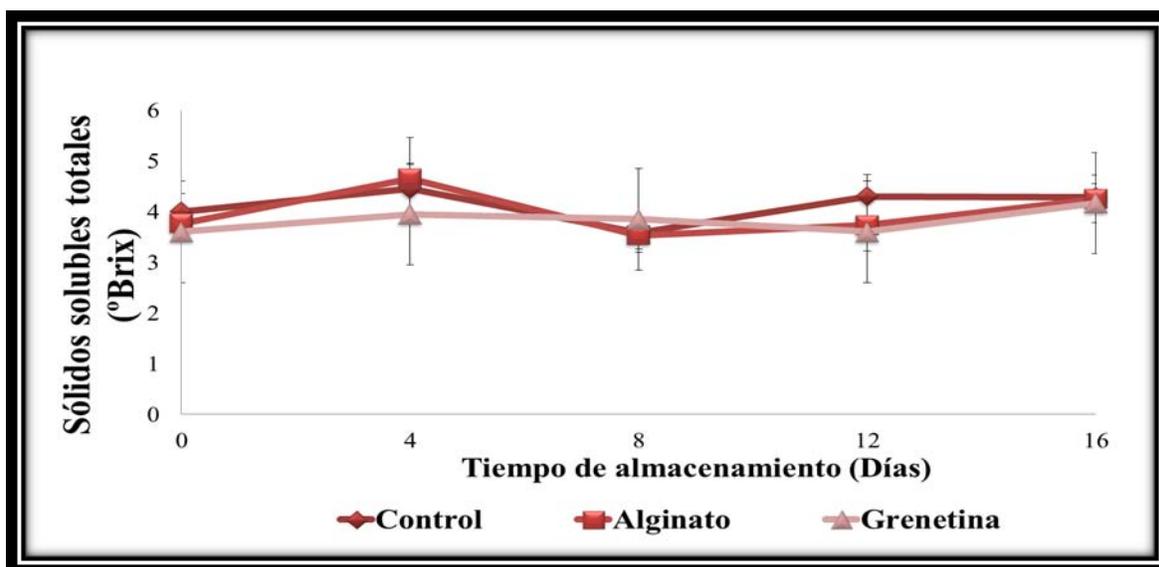


Figura 30. Cambios en el contenido de sólidos solubles totales de los frutos sin envase activo (control) y con envase activo a base de Alginato (0.25%) y grenetina (3%) adicionadas con extracto de orégano. Las líneas verticales representan la desviación estándar.

De acuerdo a Nuez (1995) el mayor contenido de sólidos solubles se debe a la disminución del contenido de agua esto justifica que los frutos que presentaron una mayor pérdida de peso (jitomates sin envase activo) efectivamente mostraron en promedio los valores más altos en cuanto a los <sup>o</sup>Brix.

Durante el proceso de maduración, en los frutos carnosos se generan cambios en la composición química, color, textura, tasa respiratoria y cambios químicos en los carbohidratos de la pared celular, que al degradarse incrementan el nivel de azúcares que contribuyen a mejorar la palatabilidad del fruto. El menor índice de madurez, a través de una menor evolución de los sólidos solubles y un mantenimiento de la acidez total se ha observado en frutos del mango al ser recubiertos por celulosa, cera de carnauba o éster de



sacarosa (Baldwin *et al.*, 1999; Cáceres *et al.*, 2003), así mismo en frutos de aguacate recubiertos por cera de abeja o cera de carnauba (Feygenberg *et al.*, 2005).

El incremento en el contenido de sólidos solubles totales puede asociarse a una mayor hidrólisis de almidón motivada por una maduración más avanzada lo que corrobora que el uso de envases retarda la maduración, lo que coincide con los resultados obtenidos por González (2013) quien reportó que el contenido de SST en mangos recubiertos con alginato fue menor con respecto a aquellos que no presentaban ningún recubrimiento mientras que jitomates recubiertos con alginato también registraron un incremento en el contenido de SST según lo reportado por Ali *et al.*, (2010).

#### 4.2.1.5 Determinación de la respiración

Las frotas y hortalizas frescas necesitan respirar a fin de obtener la energía suficiente para la mantención de la vida. Respiran absorbiendo oxígeno de la atmósfera y liberando dióxido de carbono. Durante la respiración la producción de energía proviene de la oxidación de las propias reservas de almidón, azúcares y otros metabolitos, Una vez cosechado, el producto no puede reemplazar estas reservas que se pierden y la velocidad con que disminuyen será un factor de gran importancia en la duración de la vida de poscosecha del producto (FAO, 2016).

Películas o envase activos pueden reducir la respiración y por lo tanto, aumentar la vida útil de un producto. En la selección de un envase activo, varias consideraciones deben ser dirigidas a evitar la concentración extremadamente baja de oxígeno en el interior de la materia prima. Una baja concentración de oxígeno en el producto podría conducir a la respiración anaerobia, lo que puede producir un deterioro de producto debido a la producción de sabores y la senescencia acelerada (Kays y Paull, 2004).

La respiración de los jitomates (Figura 31) no recubiertos al inicio de la experimentación (día 0) fue de 9 mg CO<sub>2</sub>/Kg PF h, los recubiertos con alginato y grenetina mostraron 4.2 y 5.1 mg CO<sub>2</sub>/Kg PF h respectivamente por lo que hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en la tasa de respiración de los frutos con y sin envase activo.

Al segundo día de almacenamiento se registró 10.6 CO<sub>2</sub>/Kg PF h en los tomates con envase activo de Alginato y 10.18 mg CO<sub>2</sub>/Kg PF h en los de grenetina en tanto que la respiración



de los control fue de 11.6 mg CO<sub>2</sub>/Kg PF h, sin embargo este valor aumento al cuarto día al registrar una respiración de 20.1 mg CO<sub>2</sub>/Kg PF h caso contrario con alginato los cuales solo registraron un aumento de 1.85% con respecto a la respiración registrada al segundo día de almacenamiento, por otro lado se presentó una disminución de 14% en la respiración de los jitomates con grenetina por lo que hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en la respiración de los recubiertos y los no recubiertos.

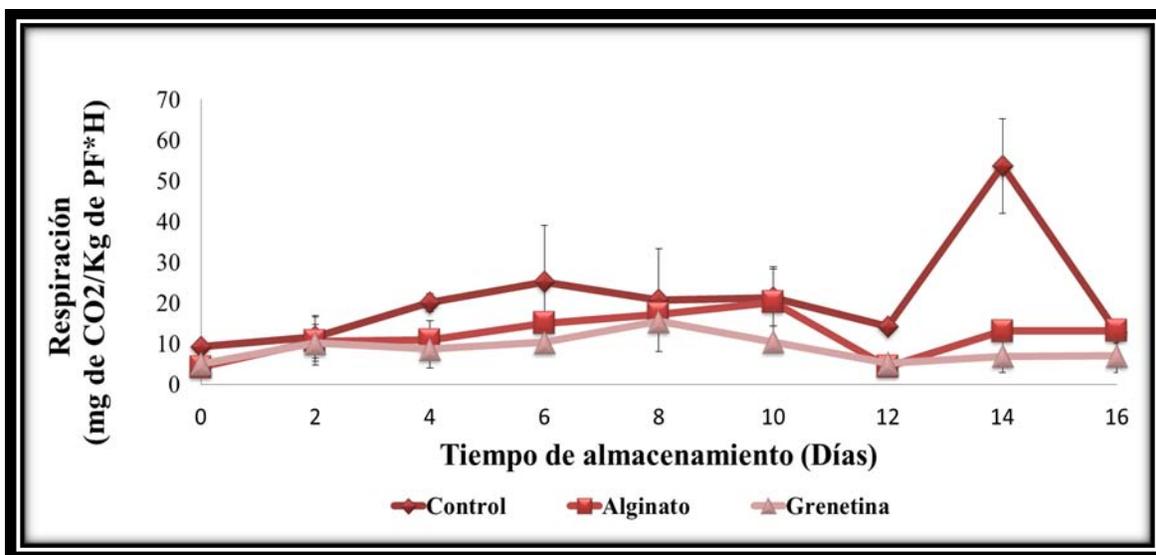


Figura 31. Cambios en la respiración de los jitomates con envase activo a base de alginato (0.25%) y grenetina (3%) adicionadas con extracto de orégano durante el almacenamiento. Las barras verticales representan la desviación estándar.

Al día 6 la respiración de los jitomates control y con envase activo a base de alginato incrementó 5.2 mg CO<sub>2</sub>/Kg PF h ya que durante la maduración, existe aumento en la cantidad de etileno producido este aumento usualmente es acompañado por un incremento en la respiración de la fruta (un fenómeno llamado el climaterio), la tasa de respiración y de producción de etileno usualmente depende de la temperatura de almacenamiento y de la edad de la fruta por lo que se justifica que los jitomates sin envase activo hayan llegado al punto climat rico al sexto día por lo que hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en la tasa de respiración de los frutos control con respecto a los recubiertos.

A partir del día 7 hasta el día 12 la respiración de los jitomates sin envase activo disminuyó lo que indicó que el fruto entro en etapa de senescencia caso contrario con los inmersos en alginato quienes registraron un aumento de 11.7% así mismo los frutos con grenetina produjeron 15.5 mg CO<sub>2</sub>/Kg PF h.



Los jitomates con envase activo a base de grenetina llegaron al punto climatérico al día 8 mientras que los recubiertos con alginato lo registraron al día 10 esto consecuencia del etileno producido principalmente por lo jitomates sin envase activo y debido a la posible modificación interna de los jitomates por la aplicación del envase activo por lo que la respiración de los jitomates recubiertos fue menor hasta que finalizó la prueba no obstante al día 14 los sin envase activo presentaron niveles de respiración 52.94% mayor con respecto al primer punto climatérico que se alcanzó al día 6 esto indica que la respiración incrementó en el control debido a la invasión fúngica la cual provocó un estrés en los frutos resultando en un aumento en su respiración (Trejo-Márquez *et al.*, 2007).

Sin embargo, Olivas y Barbosa-Cánovas (2005) indicaron que los envase activos con permeabilidad selectiva a los gases son capaces de disminuir el intercambio de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> entre la fruta revestida y el medio ambiente, lo que frena el metabolismo por la disminución de la concentración de O<sub>2</sub> interno y el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub>.

En general, los máximos beneficios del almacenamiento en atmósferas controladas se obtienen cuando la concentración de O<sub>2</sub> oscila entre el 1 y el 5% y el CO<sub>2</sub> no supera el 5% (Salunkhe y Desai 1984; Kader *et al.*, 1985) ya que concentraciones superiores producen lesiones deprimidas de color oscuro que se intensifican con el daño por frío.

#### **4.2.1.6 Determinación de índice de decaimiento**

El tomate (*Lycopersicon esculentum*) tienen una vida post-cosecha muy corta así que el decaimiento es un factor importante que limita su vida de almacenamiento lo que se traduce en pérdidas considerables en comercio minorista y los niveles de consumo al por mayor. El decaimiento causada por *Botrytis cinerea* es una de las enfermedades más importantes en tomate (Liu *et al.*, 2005).

Aunque las enfermedades posteriores a la cosecha pueden ser controlados por los fungicidas sintéticos (Eckert y Ogawa, 1988), el uso de fungicidas ha sido restringido debido a su toxicidad Carcinogénesis, teratogenocidad, toxicidad residual alto y agudo, la degradación a largo plazo, la contaminación ambiental y los posibles efectos secundarios en la salud humana a través de la comida (Tripathi y Dubey, 2004).



Por esta razón, las nuevas alternativas como el uso de extractos naturales han sido exploradas en todo el mundo para reducir el uso de fungicidas sintéticos.

La determinación del índice de decaimiento tuvo la finalidad de cuantificar los síntomas por el deterioro causado por la presencia de hongos en los frutos el cual se muestra en la Figura 32, donde después de 4 días de almacenamiento los frutos que presentaron un mayor índice de decaimiento (0.1) fueron los jitomates recubiertos con alginato probablemente causado por la manipulación a la que se expusieron al aplicar el envase activo por lo que el fruto cayó en una etapa de estrés, mientras que los sin envase activo mostraron un índice de decaimiento de 0.05 al igual que los frutos recubiertos con grenetina; sin embargo, estos valores no mostraron diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) en el índice de decaimiento de los frutos.

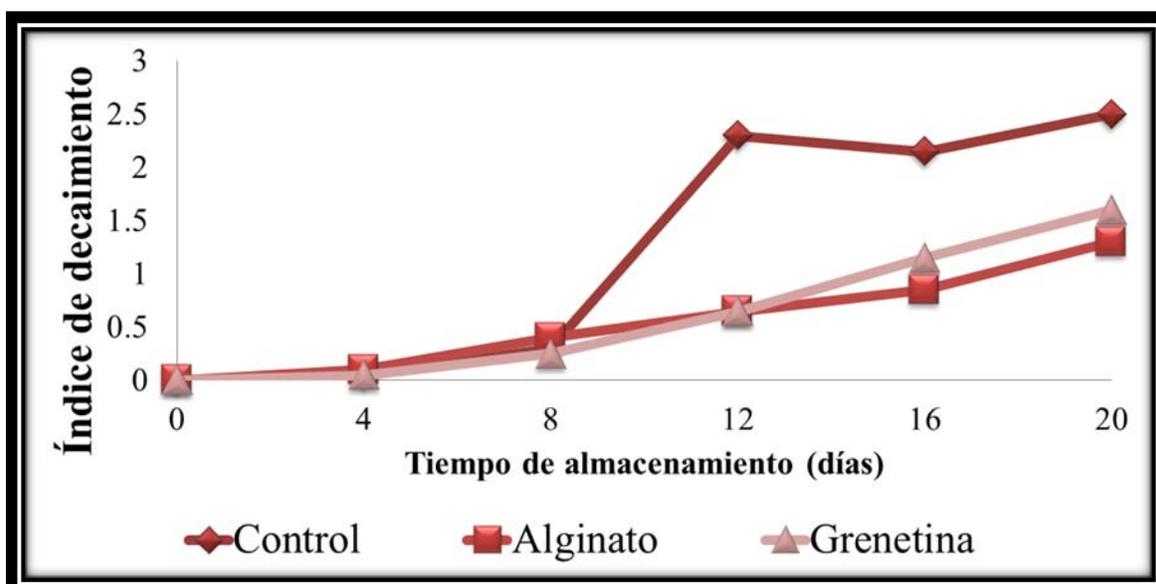


Figura 32. Cambios en el índice de decaimiento de los frutos sin envase activo (control) y con envase activo a base de alginato (0.25%) y grenetina (3%) adicionadas con extracto de orégano durante el almacenamiento.

El comportamiento que mostro el índice de decaimiento fue incrementando sin importar si los jitomates fueron o no tratados con envase activo; sin embargo, el decaimiento de los frutos sin envase activo fue de 56.3% mayor en comparación con el índice de decaimiento de los inmersos en alginato (1.3), y de 36% mayor con los grenetina (1.6).



Nuevamente al día 8 los jitomates recubiertos con alginato presentaron un índice de decaimiento superior (0.4) a los registrados por los sin envase activo y los tratados con grenetina (0.3 y 0.25, respectivamente).

A partir del día 12 de almacenamiento, se comenzó a ver el efecto de los envase activos sobre el decaimiento de los frutos, ya que los jitomates recubiertos presentaron valores de decaimiento inferiores a 1 mientras que los frutos sin envase activo registraron un índice de decaimiento igual a 2.3, por lo que en hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en el índice de decaimiento de los jitomates con envase activo con respecto a los no recubiertos. De acuerdo con Tripathi y Dubey (2004) las enfermedades en frutas y hortalizas provocadas

por hongos son conocidas por causar pérdidas en post cosecha por lo que en base a los resultados obtenidos la aplicación de envases activos a base de alginato y grenetina adicionados con extracto de orégano reducen las perdidas pos cosecha en jitomate al inhibir los daños causados por la enfermedad conocida como podredumbre gris.

Por otro lado se han reportado índices de decaimiento de 1.9-2.2 en zarzamora fresca recubierta con carboxilmetilcelulosa y extracto de orégano en el último día de almacenamiento lo que concuerda con los índices de decaimiento finales obtenidos en este proyecto probablemente debido a la adición del mismo agente microbiano el cual modifica el metabolismo del hongo y los efecto se ven reflejados en la disminución de los tejidos de la fruta lo que genera un menor índice de decaimiento (Sánchez, 2013).

En la Tabla 12, se puede observar el efecto que tuvo el extracto de orégano en la conservación de los jitomates con envase activo con respecto a los frutos control sin embargo al finalizar la experimentación hubo un incrementó en el número de jitomates recubiertos que fueron invadidos por el hongo *Botrytis cinerea* probablemente debido a que los mecanismos de defensa del envase activo se agotó y la etapa de latencia del hongo terminó por lo que las condiciones nuevamente fueron favorables para que el hongo invadiera intracelularmente los tejido del fruto y estableciera la infección, ya que los jitomates sin envase activo presentaron síntomas de infección por *Botrytis cinerea* hasta el día 12.



Tabla 12. Seguimiento fotográfico de jitomates con envase activo a base de alginato (0.25%) y grenetina (3%).

Días	TRATAMIENTO		
	control	alginato	grenetina
0			
4			
8			
12			
16			
20			



Los resultados de decaimiento vistos en los jitomates sin envase activo en este proyecto concuerda con los reportado por Ali *et al.*, (2010) quienes mencionan en no hubo señales visibles de deterioro en el jitomate recubierto con goma arábica o control hasta 4 días del periodo de almacenamiento además de que los frutos con envase activo permanecieron libres del ataque fúngico hasta por 20 días, ya que el ataque microbiano se dio a partir del quinto día esto probablemente debido a la disminución en el porcentaje de descomposición que era probablemente debido al efecto del envase activo en retrasar la senescencia, lo que hace el producto más vulnerables a la infección patógena como resultado de la pérdida de la integridad celular o tisular (Tañada-Palmu y Grosso 2005).

### **4.3 Pruebas *in vivo* en jitomate tipo ‘Saladette’ con aplicación de 2 envases activos semi comerciales.**

#### **4.3.1 Parámetros de calidad**

##### **4.3.1.1 Determinación de color**



##### **Determinación del Croma**

Al día cero de almacenamiento los jitomates con el envase activo semi comercial F1 presentaron un croma promedio de 37.5 siendo este el más alto, mientras que los jitomates con el envase activo F1(A) registraron el croma más bajo (C=34.8) quedando de manera intermedia los frutos sin envase activo al obtener un croma de 35.1 por lo que al inicio del proyecto al igual que al día 4 de almacenamiento no hubo diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) en el croma de los frutos control con respecto a los frutos con el envase semi comercial F(1)A, por lo que se puede decir que el incremento en el croma de los sin envase activo aumentó durante el almacenamiento ya que la síntesis de antocianinas y su involucramiento en reacciones de co-pigmentación con compuestos fenólicos contribuyen al color debido al pardeamiento enzimático (Han *et al.*, 2004; Vicente *et al.*, 2007) (Figura 33).

A mitad del periodo de almacenamiento (día 8) los jitomates con el croma más alto (C=39.5) lo registraron los jitomates con el envase activo F1(A) mientras que con F1 se registró un croma de 38.5 además de que los frutos sin envase registraron un croma 12.8% mayor con respecto a los frutos control que fueron almacenados con los frutos recubiertos



con grenetina y alginato sin embargo no hubo diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) en el croma de los frutos evaluados.

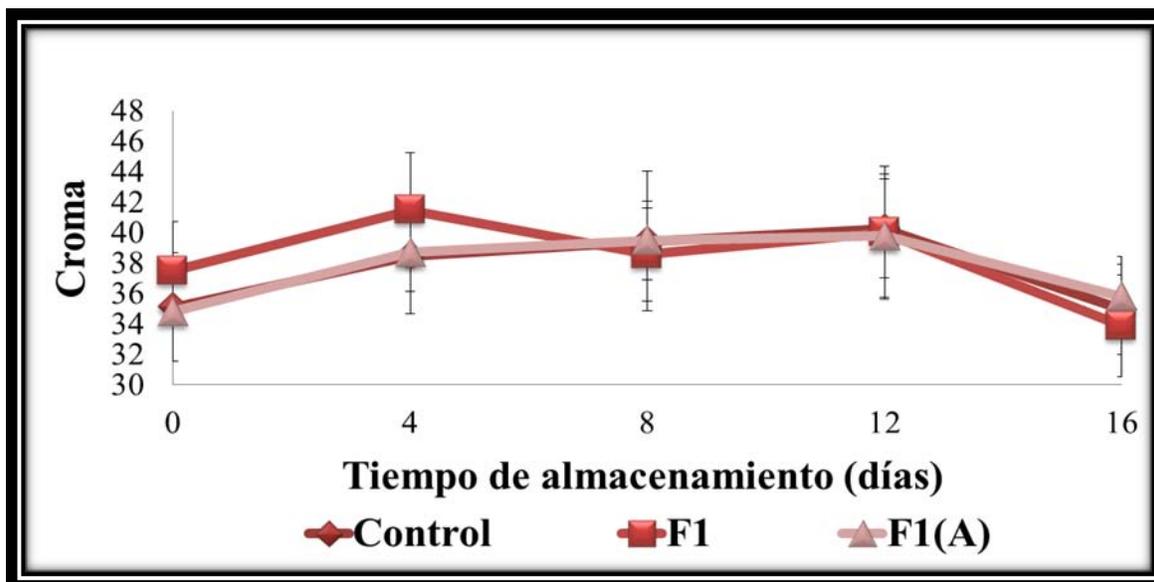


Figura 33. Cambios en el croma de los frutos con envases activos semi comerciales F1 y F1(A) durante el almacenamiento refrigerado. Las líneas verticales representan la desviación estándar.

Al finalizar el periodo de almacenamiento hubo una disminución del 12% en el croma de todos los frutos control con respecto al día 12 ya que en promedio el croma de todos los jitomates fue de 40 (día 12) sin embargo la disminución no fue la misma para todos los tratamiento ya que al día 16 el croma que se registró en los frutos con envase activo F1(A) fue de 35.8 lo que significó una disminución del 10% ( $C=39.8-35.8$ ) mientras que los frutos con el envase activo F1 registraron una disminución del 15.2% ( $C=39.9-33.8$ ) por lo que si hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en el croma los envases activos.

En general puede decirse que el croma promedio de los jitomates con los envases activos semi comerciales fue inferior al de los jitomates con envase activo a base de alginato y grenetina adicionado con extracto de orégano lo cual podría deberse a la saturación de color que presentaron los envases por el extracto de orégano.



#### Determinación del Tono ( $^{\circ}$ Hue)

En la Figura 34 se muestran los cambios en la tonalidad de los jitomates recubiertos con dos envases activos semi comerciales así como aquellos que no tuvieron ningún tipo de



envasado mostrando que al inicio del almacenamiento los jitomates con el envase activo F1 registro el tono más bajo ( $43.1^{\circ}\text{Hue}$ ) mientras que los jitomates con el envase activo F1(A) registraron  $44.7^{\circ}\text{Hue}$  quedando con las tonalidades más altas los frutos control por lo que hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre el tono resultante en los jitomates después de la aplicación de los envases activos semi comerciales.

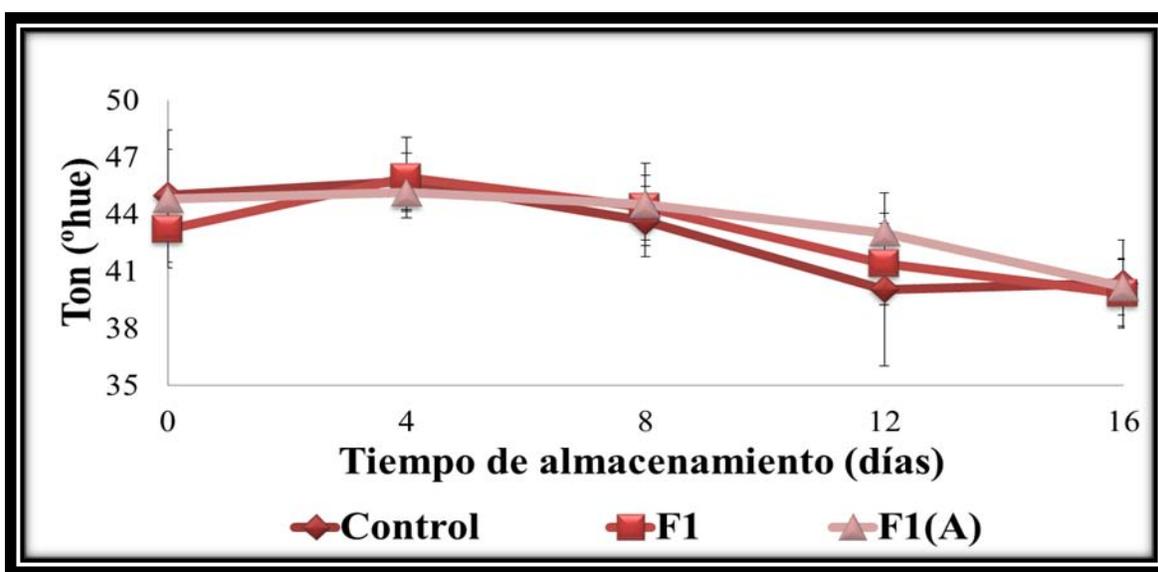


Figura 34. Cambios en el tono de los frutos sin envase activo y con envases activos semi comerciales F1 y F1(A) durante el almacenamiento. Las líneas verticales representan la desviación estándar.

Después de 4 días de almacenamiento todos los jitomates registraron en promedio  $45^{\circ}\text{hue}$  por lo que no hubo diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) entre los tratamientos con y sin envase activo sin embargo después se observó una disminución en la tonalidad de todos los jitomates hasta finalizar el periodo de almacenamiento.

Al día 16 los jitomates control al igual que los jitomates con el envase activo F1(A) registraron una pérdida de 10.2% en su tonalidad con respecto al tono registrado al inicio del almacenamiento mientras que los jitomates con el envase activo F1 solo perdieron un 7.6% en tonalidad por lo que los jitomates con los envases activos semi comerciales registraron coloraciones rojas con mayor tonalidad en comparación con los jitomates recubiertos con grenetina y alginato ya que estos registraron una disminución del 12% y 19% respectivamente en su tonalidad desde el inicio hasta que finalizó la prueba.



La diferencia podría deberse a la pérdida de agua en la superficie de los frutos recubiertos con los envases activos semi comerciales ya que fueron estos quienes registraron pérdidas de peso mayores en comparación con los recubiertos con alginato y grenetina por lo que esto ocasionó que pigmentos vegetales insolubles en agua como el licopeno se concentraran más provocando tonalidades mayores.



### **Determinación de la Luminosidad**

La aceptación visual de los frutos puede ser afectada por el incremento en la rojez y la pérdida de luminosidad porque los consumidores asocian esos cambios con frutos con sobre maduración (Gonçalves *et al.*, 2007).

Los jitomates con envases activos F1 y F1(A) registraron una luminosidad mayor con respecto a los envases activos a base de alginato y grenetina al inicio de la experimentación ya los primeros antes mencionados registraron valores de 39.5 y 40.1% respectivamente además estadísticamente no hubo diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) entre la luminosidad de los jitomates con los envases activos semi comerciales (Figura 35).

Por otro lado se registró una disminución en la luminosidad de todos los jitomates hasta el día 8 ya que la luminosidad de los jitomates con F1 fue 6.5% (39.5-36.9%) menor mientras que los jitomates con el envase activo F1(A) registraron pérdidas de luminosidad del 8.2% (40.1- 36.8%) así mismo todos los tratamientos registraron una diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) durante el cuarto y octavo día de almacenamiento por lo que difieren de los resultados obtenidos con los jitomates con envase activo a base de alginato y grenetina ya que estos registraron una luminosidad de 39 y 38.6% respectivamente.

Al día 12 de almacenamiento los jitomates con el envase activo F1 registraron un descenso al registrar 36.2% en su luminosidad no así con los frutos con F1(A) en los cuales se observó un ligero pero notable aumento ya que su luminosidad fue del 37.2% sin embargo no hubo diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) en este punto de la experimentación.

Cabe mencionar que al finalizar el periodo de almacenamiento (día 16) los jitomates con alginato y grenetina registraron una luminosidad de 36.7 y 38.5% respectivamente por lo



que la luminosidad final de los jitomates con envase activo semi comercial quedo intermedia al registrar un valor promedio de 37.7%.

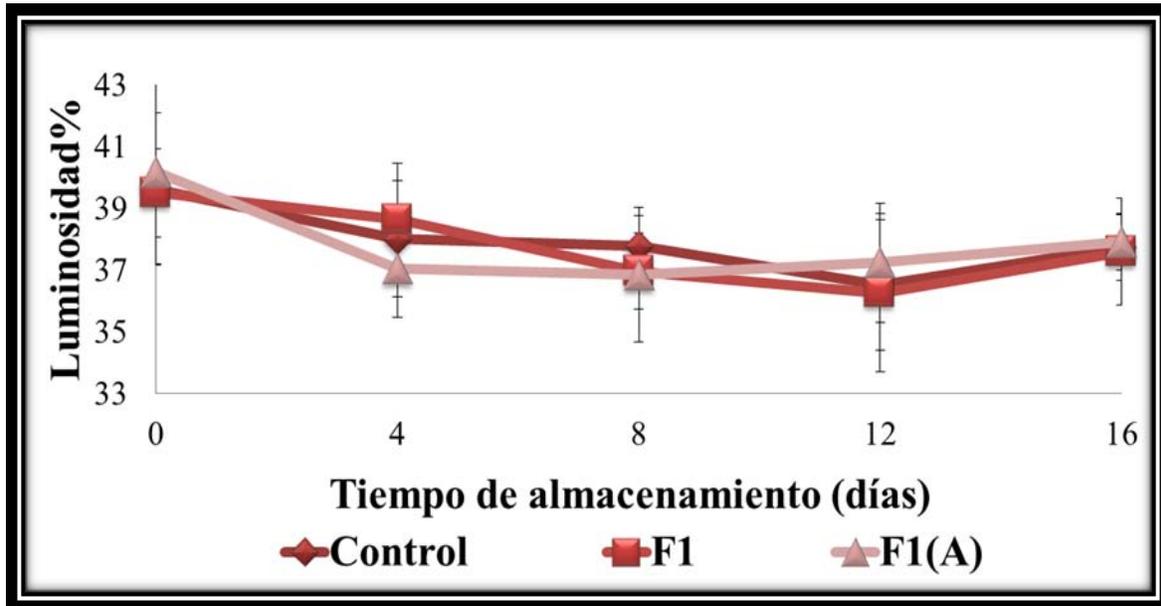


Figura 35. Cambios en la luminosidad de los frutos sin envase activo y con envases activos semi comerciales F1 y F1(A) durante el almacenamiento. Las líneas verticales representan la desviación estándar.

Ramos (2012) presento en su trabajo de investigación que la luminosidad de jitomates veteados recubiertos con quitosano (1%) y aceite esencial de limón fueron de 41.07, 40.30 y 41.48 durante la primer semana de almacenamiento por lo que no concuerda con este proyecto ya que la luminosidad de los tres tratamientos de este proyecto tendió a disminuir la primer semana.

López y Gómez (2004) mencionan que los valores de L indican la claridad u oscuridad del color rojo de los tomates durante la maduración por lo que se explica que los jitomates veteados presenten luminosidades mayores ya que su estado de madurez es menor.

La luminosidad de los jitomates de este proyecto descendió los primeros tres días de almacenamiento así mismo González-Aguilar *et al.*, (2009) también obtuvieron una disminución en la luminosidad de papayas recubiertas con quitosano por lo que dicha disminución pudo atribuirse a que al aplicar los envases activos estos afectaron la apariencia externa del fruto disminuyendo el brillo característico de la piel.



#### 4.3.1.2 Determinación de pérdida de peso

La pérdida de peso constituye uno de los factores que más afectan la calidad ya que causan daños por marchitamiento, manchado de tejidos, pérdida de textura, entre otros, además dichas pérdidas de peso hacen a las frutas no comercializables.

La pérdida de peso en los jitomates se registró a partir del día 2 de almacenamiento sin embargo los frutos que registraron una pérdida de peso mayor (2.03%) fueron los jitomates con el envase activo F1 seguidos de los jitomates control con una pérdida de peso de 1.7% quedando con la menor pérdida de peso los jitomates con el envase activo F1(A) (Figura 36). A partir del día 4 hay diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre F1 y F1(A) con respecto al control pero no entre ellas.

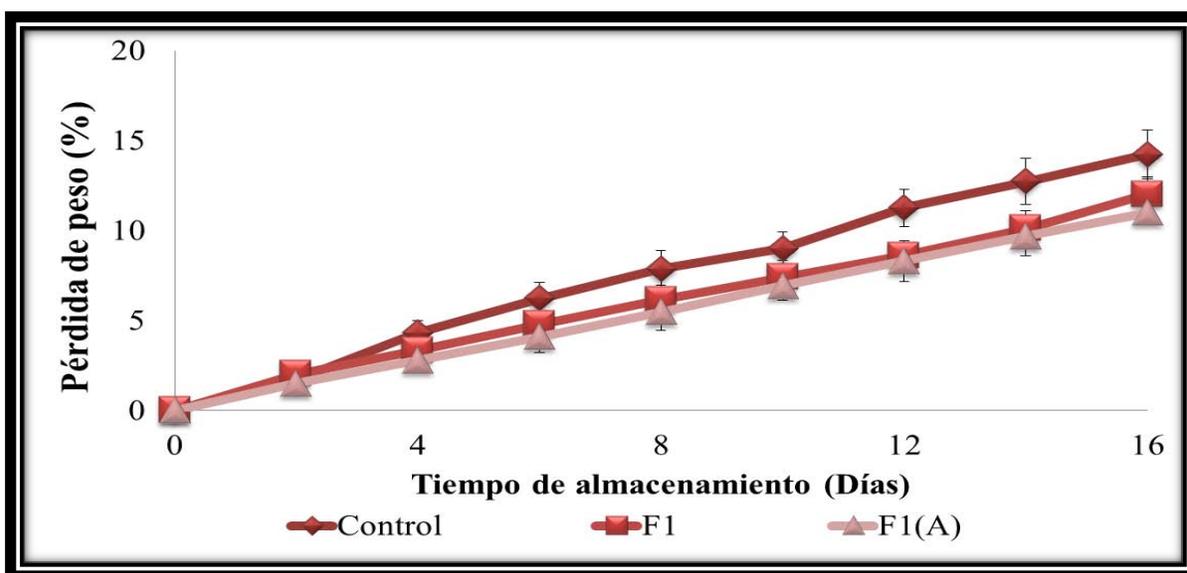


Figura 36. Cambios en la pérdida de peso de los frutos sin envase activo y con envase activo semi comercial F1 y F1(A) durante el almacenamiento en refrigeración. Las barras verticales representan la desviación estándar

No obstante después del día 4 de almacenamiento y hasta que finalizó el experimento la pérdida de peso de todos los frutos fue incrementando conforme pasaba el tiempo además de que hubo cambios en dicho parámetro con respecto a los diferentes tratamientos ya que los jitomates sin envase activo registraron los porcentajes de pérdida de peso mayores durante toda la prueba en comparación con los jitomates con envase activo no obstante el envase activo que registró al día 16 la mayor pérdida de peso (12%) fue F1 mientras que



los jitomates con el envase activo F1(A) registraron una pérdida de peso del 11% por lo que puede decirse que el uso de dichos envases redujo aproximadamente un 14% la pérdida de peso puesto que los jitomates control registraron un 14.2% de pérdidas en su peso.

Galietta *et al.*, (2005) reportan que la pérdida de peso en jitomates con envase activo a base de suero de leche mantuvo una cinética del mismo orden para frutos con y sin envase activo. Sin embargo, la tasa de pérdida de peso fue la mitad para frutos suero de leche. De esta forma, las diferencias en peso entre frutos con y sin envase activo se mantuvieron durante todo el experimento y mientras 65 % de los tomates con envase activo permanecieron con calidad comercial hasta el último día de determinaciones (día 26), el 100% de los frutos no recubiertos debieron ser descartados.

La pérdida fisiológica de peso de los frutos aumentó con el tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos como consecuencia de la transpiración al igual que nísperos japoneses tratados con quitosán y sucroéster encontrando que los frutos tratados con los envase activo tuvieron menor pérdida de peso que el control, siendo el recubrimiento de quitosán (0,6%), el más efectivo, perdiendo 2,01% y 4,47%, mientras que los frutos tratados con el recubrimiento sucroéster (1,0%) tuvieron mermas de 2,33% y 5,01% con respecto al control, que registró reducciones de peso de 2,61% y 5,79%, para los días 8 y 16 respectivamente (Márquez *et al.*, 2009).

Mientras que Abraján (2008) reporto que cubos de jícama con envase activo a base de mucilago de nopal presentaron mayor pérdida de peso que el que tuvieron las muestras control. Este comportamiento podría deberse a que al ser el mucílago una sustancia higroscópica, absorbe agua de la jícama, la cual es liberada más fácilmente al medio ambiente por lo que difiere de los resultados obtenidos en este proyecto ya que los frutos que presentaron los porcentajes más bajos en pérdida de peso fueron aquellos con envase activo dicha diferencia podría deberse a que los envases activos semi comerciales forman una costra sobre la superficie lisa del jitomate impidiendo el paso del agua.

Todos los frutos con envase activo semi comercial al igual que los controles que sufrieron pérdidas de peso mayores al 10% mientras que los frutos del primer experimento (alginato, grenetina y control) registraron pérdidas menores al 4% dicha diferencia no solo pudo



deberse a al tipo de envase sino que también a las condiciones de almacenamiento las cuales pudieron haber diferido en algunos aspecto ya que aunque se almacenaron a la misma temperatura ( $10^{\circ}\text{C}$ ) el lugar de almacenamiento no fue el mismo por los que los cambios en la humedad relativa pudieron haber acelerado la pérdida de peso de los jitomates tratados con el envase activo semi comercial y los frutos control.

#### **4.3.1.3 Determinación de la Firmeza**

En este trabajo no hubo incremento en la firmeza de los jitomates por efecto del envase activo sin embargo si produjeron un efecto sobre los jitomates ya que fueron los controles los que registraron los valores más bajos en su firmeza.

En un inicio los jitomates con envase activo registraron una firmeza promedio de 51 N mientras que los frutos sin envase activo registraron 3% menor firmeza, este comportamiento fue continuo hasta que finalizo la experimentación.

Después de 4 días de almacenamiento hubo una disminución del 16.4% en la firmeza de los controles mientras que los jitomates con el envase activo F1(A) registro una firmeza 4.1% mayor en comparación con F1 (46 N).

Por otro lado la perdida de firmeza más baja a la mitad del almacenamiento fue de 38.5 N para los control puesto que los jitomates con envase activo registraron un comportamiento similar al presentar en promedio 42 N en su firmeza sin embargo al día 8 de almacenamiento los está similitud no continuo ya que los jitomates con el envase activo F1(A) presentó una disminución del 13.3% mientras que los jitomates con el envase activo F1 registro una firmeza de 41.8.

Al término de la experimentación los jitomates sin envase activo perdieron 45.7% en firmeza con respecto a la firmeza observada al inicio de la experimentación mientras que en la Figura 37 se puede observar que los jitomates que presentaron la firmeza más alta (37.4 N) fueron los jitomates con el envase activo F1 quedando de manera intermedia los frutos con F1(A).



Dicho resultados concuerdan con n los reportado por Amaya *et al.* (2010) quienes observaron un descenso en la firmeza menos pronunciada en tomates cubiertos con cera comercial, debido a una maduración lenta, a pesar de que los frutos se vieron afectados por hongos y podredumbres, sin embargo, el pericarpio mantuvo su estructura rígida. Los frutos cubiertos con solución de almidón y la muestra testigo mostraron un mayor descenso en la firmeza lo que indica que la cobertura no fue la adecuada y afectó el tiempo de maduración.

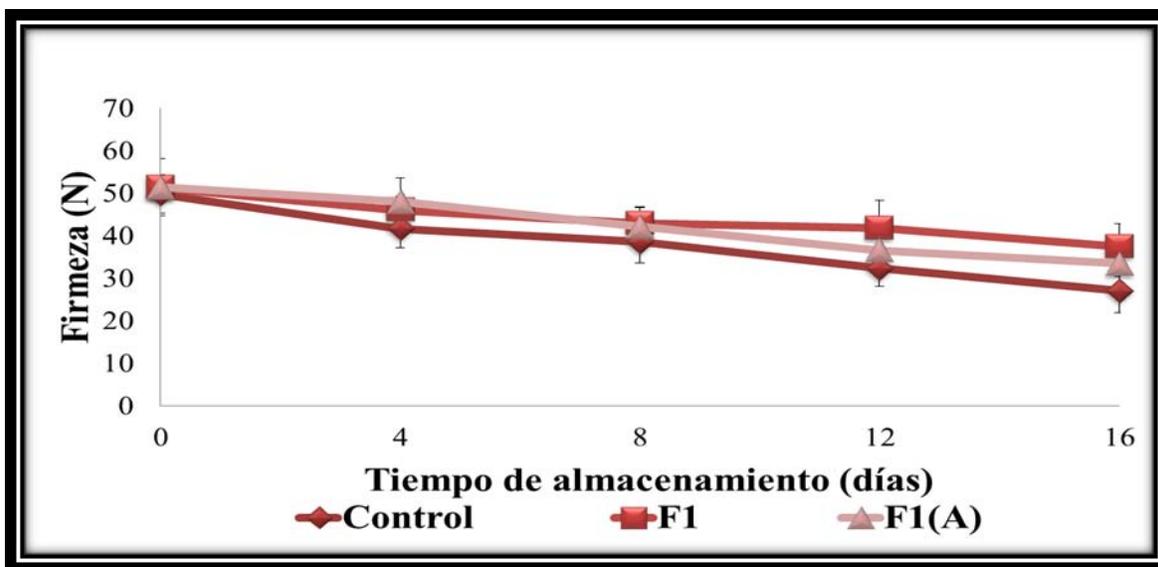


Figura 37 .Cambios en la firmeza de los frutos sin envase activo y con envase activo semi comercial F1 y F1(A) durante el almacenamiento. Las barras verticales representan la desviación estándar.

A pesar de que los jitomates con los envases activos semi comerciales registraron firmezas mayores en comparación a los controles fueron los jitomates recubiertos con grenetina al registrar una firmeza 13% mayor que la máxima registrada por los envases semi comerciales (37.4 N) esto debido al retardo en la degradación de las protopectinas insolubles a pectinas solubles por la aplicación de recubrimientos Valera *et al.*, (2011).

Ramos (2012) reportó que la aplicación de un recubrimiento a base de quitosano, ácido oleico y aceite esencial de limón no influyo en la firmeza de jitomates a diferencia de los reportado por Hernández-Muños *et al.*, (2006), los cuales demostraron que frutos con cubiertos de quitosano (1%) y ácido acético, tuvieron una firmeza mayor que los frutos control al término del almacenamiento lo que coincide con este proyecto ya que la firmeza de los jitomates tratados con F1 y F1(A) fue superior a los control durante todo el periodo de almacenamiento lo que pudo atribuirse al ablandamiento del tejido vegetal en los



jitomate sin envase activo consecuencia de la sobre madurez ya que según lo reportado por González-Aguilar *et al.*, (2005), la firmeza de los frutos va disminuyendo consecuencia de la maduración del fruto, durante este proceso se incrementa la actividad de la enzima poligalacturonasa sobre las paredes celulares, provocando el ablandamiento del tejido por lo que lo anterior podría indicar que ambos envases activos semicormeciales actúan de manera preventiva sobre la enzima poligalacturonasa para retardar su acción sobre el tejido vegetal.

#### 4.3.1.4 Determinación de sólidos soluble

El contenido de sólidos solubles aumenta hasta alcanzar un máximo y después se mantiene o disminuye cuando avanza la maduración del fruto (Navarrete, 2009).

Al inicio del almacenamiento los jitomates control presentaron valores de 4.5 °Brix, mientras que para los jitomates con el envase activo F1 el valor fue de 4°Brix así mismo el menor contenido de sólidos solubles lo presentaron los jitomates F1(A) ya que registraron en promedio 3.8 °Brix (Figura 38).

Por otra parte al día 4 de almacenamiento los jitomates con el envase activo F1 registraron un aumento del 27.5% en el contenido de sólidos solubles por lo que fue mayor en comparación con el valor registrado por los frutos sin envase activo (4.4 °Brix) no así con los jitomates con el envase activo F1(A) ya registraron el valor más bajo (4.2 °Brix) de sólidos solubles con respecto los otros dos tratamiento.

A la mitad del periodo de almacenamiento (día 8) los jitomates F1 (A) registraron 4.7 °Brix por lo que hubo una diferencia del 9.61% entre los sólidos solubles con este envase y los reportado por el envase F1 mientras que los controles registraron nuevamente un incremento del 20% con respecto a los °Brix alcanzados la última vez.

Es importante mencionar que para el último día de almacenamiento los jitomates control presentaron 24.4% más SST con respecto al día 0 mientras que los frutos F1 registraron 5.7 °Brix al día 16 así mismo F1(A) presento un comportamiento similar a F1 al marcar en promedio 5.6 °Brix por lo que el incremento en el contenido de sólidos solubles de los



jitomates con y sin envase activo fue muy similar al finalizar la prueba por lo cual no hubo diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) en los SST de los jitomates evaluados al concluir el almacenamiento.

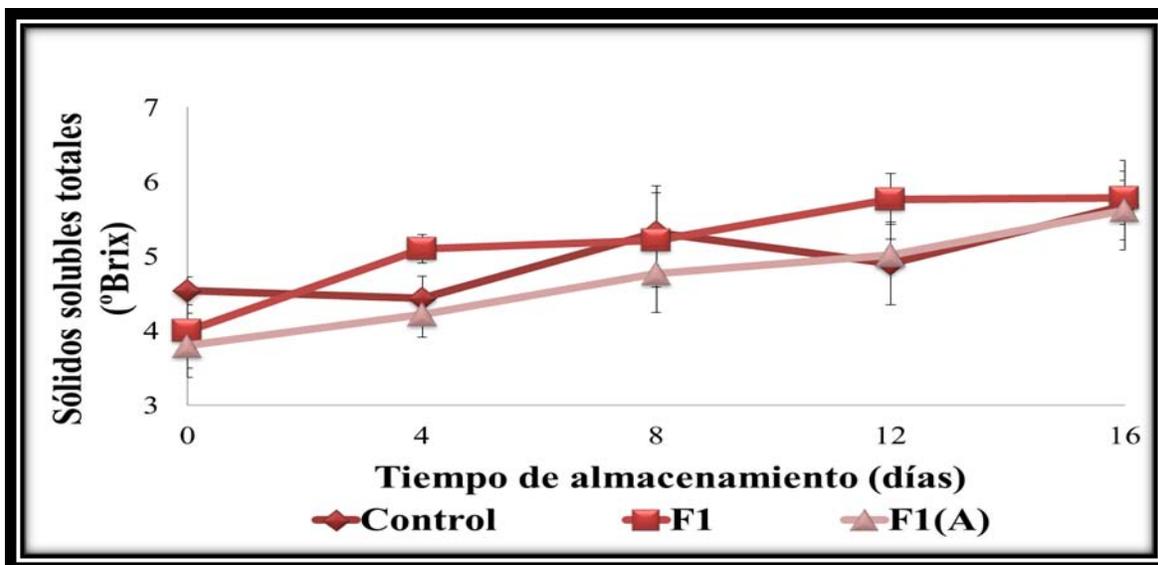


Figura 38. Cambios en el contenido de sólidos solubles totales de los frutos sin envase activo y con envase activo semi comercial F1 y F1(A) durante el almacenamiento. Las barras verticales representan la desviación estándar

Amaya *et al.*, (2010) recubrieron jitomates con cera comercial y con almidón de yuca encontrando que en los días 6 y 9 se presentó un incremento en los grados Brix debido a la evolución en la madurez (fue mayor en los frutos sin envase activo), mientras que durante el mismo periodo en los frutos con envase activo a base de almidón y cera presentaron menor incremento debido a un proceso de maduración más lento lo que concuerda con los resultados obtenidos por el envase activo F1(A).

Por otro lado los resultado observados con la aplicación de los envases activos semi comerciales muestra que si tienen un efecto sobre el contenido de sólidos solubles del jitomate por lo que no concuerda con lo reportado por Galietta *et al.*, (2005) quienes aseguran que aplicar un envase activo a base de suero de leche sobre jitomate no efecto los grados  $^{\circ}$ Brix, ya que sus resultados experimentales mostraron que el contenido de sólidos solubles permaneció estables durante el período de almacenamiento.

El mayor contenido de SST lo registraron los jitomates tratados con los envases activos semi comerciales ya que registraron  $1.53^{\circ}$ Brix más que los frutos con alginato y grenetina lo que fue congruente con la perdida de agua ya que fueron los jitomates con envase activo



sema comercial los que presentaron mayor pérdida de agua por lo que la concentración de sólidos solubles fue mayor.

#### 4.3.1.5 Determinación de la respiración

Las frutas y hortalizas frescas necesitan respirar a fin de obtener la energía suficiente para la mantención de la vida. Respiran absorbiendo oxígeno de la atmósfera y liberando dióxido de carbono. Durante la respiración la producción de energía proviene de la oxidación de las propias reservas de almidón, azúcares y otros metabolitos, al mismo tiempo que ocurre la respiración, el producto cosechado continúa perdiendo agua hacia la atmósfera, tal como lo hacía antes de la cosecha, por un proceso conocido como transpiración los tomates tienen una piel relativamente impermeable y pierden humedad principalmente a través de la cicatriz del pedúnculo (FAO, 2014).

Al inicio de la experimentación se observó que ambos envases activos produjeron un efecto sobre los jitomates al disminuir su respiración ya que los jitomates control registraron una respiración 18% mayor en comparación con los jitomates con el envase activo F1 y 49% más elevada que la respiración generada usando F1(A) (Figura 39).

El inicio de la maduración climatérica es un proceso bien definido, caracterizado por un rápido aumento en la velocidad de la respiración y el desprendimiento de etileno por la fruta, en un momento de su desarrollo, conocido como respiración climatérica es importante mencionar que el jitomate es un fruto climatérico por lo que sigue madurando después de su cosecha hasta alcanzar su punto climatérico el cual se obtuvo en este proyecto al segundo día de almacenamiento.

Sin embargo después del tercer día de almacenamiento la respiración de todos los frutos disminuyó siendo los frutos sin envase activo los que registraron la tasa de respiración más baja (36.4 mg de CO<sub>2</sub>/Kg de PF\*h). Por otro lado los frutos con el envase activo F1 registraron niveles de respiración similares a los frutos con F1(A) (74 y 75 mg de CO<sub>2</sub>/Kg de PF\*h, respectivamente) a partir del cuarto y hasta el sexto día (64 y 65 mg de CO<sub>2</sub>/Kg de PF\*h) ya que después de 8 días de almacenamiento los jitomates con el envase activo F1(A) sufrieron un incremento del 27.7% con respecto a los frutos con el envase activo F1 sin embargo estos últimos registraron una respiración menor (61.2 mg de CO<sub>2</sub>/Kg de PF\*h)



que los control, además de fue en este punto del experimento que los control al igual que los jitomates con el envase activo F1(A) registraron su segundo punto climatérico lo que pudo ser ocasionado por un estrés hídrico en los frutos con el envase activo mientras que en los jitomates sin envase activo la invasión microbiana ocasiono en el fruto un aumento en el incremento en la producción de CO<sub>2</sub>.

La respiración de todos los frutos nuevamente descendió al día 10 hasta registrar valores de 15 mg de CO<sub>2</sub>/Kg de PF\*h en el caso de los frutos sin envase activo mientras que los frutos con F1 y F1(A) mantuvieron una similitud en su reparación con 29.5 mg de CO<sub>2</sub>/Kg de PF\*h.

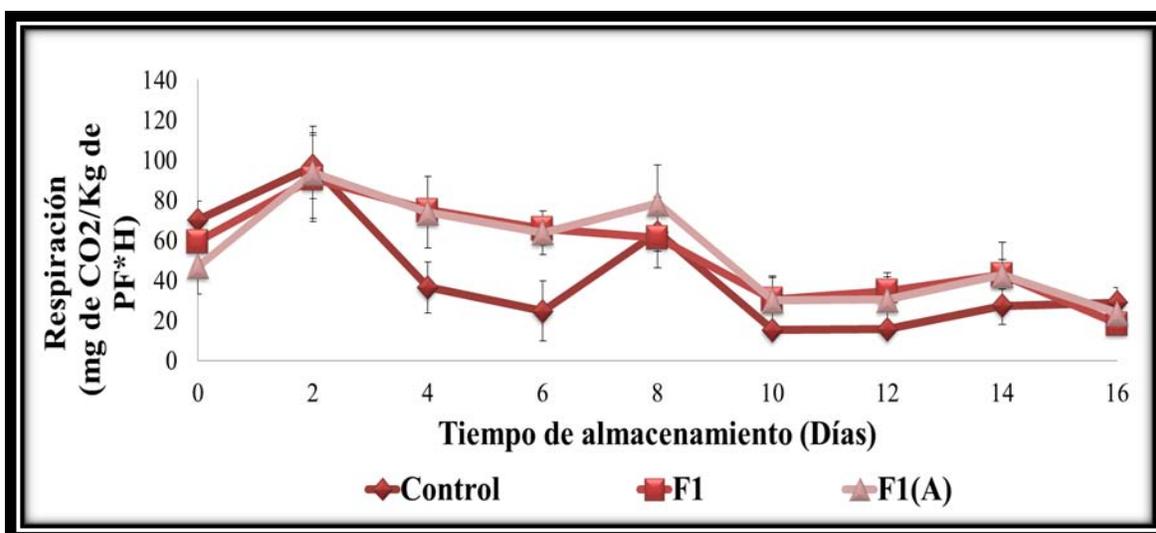


Figura 39. Cambios en la tasa de respiración de los frutos sin envase activo y con envase activo semi comercial F1 y F1(A) durante el almacenamiento. Las barras verticales representan la desviación estándar.

Al día 14 de almacenamiento los jitomates con envase activo registraron reiteradamente niveles de respiración más altos (43 mg de CO<sub>2</sub>/Kg de PF\*h) en comparación con los jitomates control (27 mg de CO<sub>2</sub>/Kg de PF\*h).

Cabe mencionar que hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en la respiración de los tres tratamientos excepto el día en que se llegó al punto climatérico.

La respiración, como proceso fisiológico fundamental en la degradación y síntesis de metabolitos en el fruto, requiere como sustrato principal el oxígeno, que se ve disminuido por la barrera física que ejercen los recubrimientos comestibles, por tanto, cabe esperar que



su aplicación reduzca la tasa respiratoria del fruto sin embargo los resultados mostraron que los envases activos si afectaron la respiración de todos los frutos incrementándola y sometiendo al fruto a un estrés que pudo a ver sido ocasionado por la deshidratación en la epidermis del jitomate además de que la efectividad de los envases activos dependerá de la barrera al oxígeno que ellos mismo ejerzan (Márquez *et al.*, 2009).

Pese a que en la mayor parte del almacenamiento los jitomates con envase activo registraron mayor respiración con respecto a los controles el último día de almacenamiento los jitomates sin envase activo registraron un valor de respiración 61% más elevada en comparación a F1 y 23% mayor que F1(A) por lo que la disminución en la respiración de los frutos recubiertos pudo haber sido ocasionada por el incremento en la producción de CO<sub>2</sub> generado por los procesos metabólicos de hongos y bacterias que se encuentran presentes en el medio (Amaya *et al.*, 2010).

Por otro lado es evidente que los jitomates con envase activo semi comercial presentaron una respiración completamente contraria a la reportada por los jitomates con Alginato y gretina ya que con el uso de los envases activos semi comerciales la respiración de los jitomates fue mayor en comparación con aquellos sin envase mientras que los envases activos a base de alginato lograron reducir la respiración de los frutos con respecto a los control ya que una velocidad de respiración más alta indica un metabolismo más rápido que da como resultado final de la actividad respiratoria un deterioro en el producto y senescencia (Villegas, 2005).

La reducción en el porcentaje de Oxígeno que rodea al fruto o el aumento de CO<sub>2</sub> disminuye su actividad respiratoria, incrementando el tiempo de vida útil de la misma además de que etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) es un gas producido por la misma fruta que en concentraciones muy bajas incrementa la respiración lo que es desfavorable cuando se requiere conservar la fruta (García *et al.*, 2000).

Por lo que los envases activos semi comerciales probablemente presentan una alta permeabilidad al oxígeno y al etileno lo que produjo una máxima respiración de 90 mg de CO<sub>2</sub>/Kg de PF\*h en el caso de los jitomates con el envase activo F1 (día 2) y de 93 mg de CO<sub>2</sub>/Kg de PF\*h (día 2) con F1(A).



#### 4.3.1.6 Determinación de índice de decaimiento

El índice de decaimiento de los jitomates inoculado con el hongo *Botrytis cinerea* tuvo como objetivo visualizar el daño que causa dicho hongo sobre el fruto durante su almacenamiento así como el efecto protector que tienen los envases activos semi comerciales F1 y F1(A) sobre los jitomates (Figura 40).

Al inicio del almacenamiento el decaimiento de todos los frutos fue cero sin embargo se puede observar que el índice de decaimiento fue incrementando en todos los frutos conforme aumentaba el periodo de almacenamiento además de que el decaimiento que sufrieron los jitomates vario en cuanto al tipo de tratamiento aplicado ya que los jitomates sin envase activo siempre mostraron síntomas mayores de decaimiento en comparación con los frutos que tenían envase activo.

También se observó que el comportamiento de los jitomates con los envases activos F1 y F1(A) fue similar los primeros 8 días de almacenamiento ya que del día 0 y hasta el día 4 ninguno de los frutos presento síntomas de decaimiento causado por el hongo *Botrytis cinerea* y después de 5 días de almacenamiento los frutos con envase activo semi comercial comenzaron a registrar los primeros síntomas de decaimiento cabe mencionar que el comportamiento continuo con similitud hasta el día 8 ya que los jitomates con envase activo F1 registraron un decaimiento de 0.3 mientras que los frutos con F1(A) registraron 0.4, en cuanto a los frutos sin envase activo continuaron registrando decaimientos mayores a los obtenidos por los jitomates con envase activo.

Por otra parte al día 12 del experimento los jitomates sin envase activo registraron el índice de decaimiento más alto (2.05) no obstante los frutos con envase activo semi comercial continuaron registrando valores de decaimiento inferiores a los controles ya que los jitomates con el envase activo F1 solo reportaron un aumento del 16.6% en su decaimiento quedando de manera intermedia los jitomates con el envase activo F1(A) ya que registraron un índice de decaimiento de 0.95.

Al finalizar la prueba hubo nuevamente un incremento en el decaimiento de los frutos sin envase activo ya que su índice de decaimiento fue 22% mayor con respecto al día 12 entre tanto los jitomates con el envase activo F1 y F1(A) registraron un índice de decaimiento



final de 0.9 y 1.3 respectivamente por lo que claramente se pudo ver la efectividad de los envases cativos para inhibir en un 64 y 48% (F1 y F1(A) respectivamente) el crecimiento del hongo *Botrytis cinerea* y a su vez prevenir la podredumbre gris.

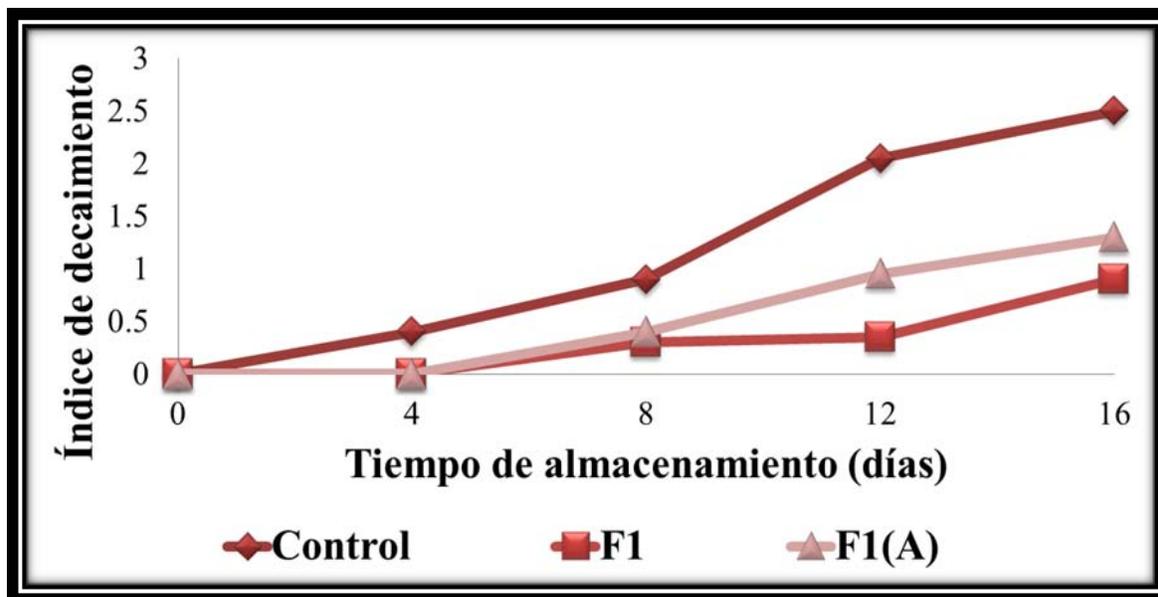


Figura 40. Cambios en el índice de decaimiento de los frutos sin envase activo y con envase activo semi comerciales F1 y F1(A) durante el almacenamiento. Las líneas verticales representan la desviación estándar.

En la Tabla 13 se muestra el seguimiento fotográfico realizado durante 20 días cada 4 días observando el efecto que tuvieron los envases activos semi comerciales (F1 y F1 (A)) sobre el decaimiento de los jitomates. En dicho seguimiento se puede observar que al día 4 los jitomates que presentan los primeros síntomas de hongos son los controles.

Sin embargo en el lote de jitomates con el envase F1 se muestran los primeros indicios de daño en la epidermis de algunos jitomates. Para el día 12 el área invadida por hongos aumentó considerablemente con respecto a los jitomates del lote F1(A) en los cuales comienzan a presentarse el primer brote de hongos, en cuanto al lote de los jitomates F1 el daño que causó el envase a la epidermis se hizo más notorio, este daño provocó que los jitomates fueran más susceptibles al ataque por microorganismos por lo que para el día 16 ya era notable la presencia de hongo en este lote.

Finalmente el día 20 el 70% del lote fue afectado por el hongo *Botrytis cinerea*, en el caso del envase activo F1 el daño no solo fue externo causando quemadura en la epidermis sino



que también presento daño en el interior del jitomate presentando una coloración negra en la pulpa.

El envase activo F1(A) no causó quemaduras en la epidermis de los jitomates sin embargo permitió que en un 50% de los jitomates creciera el hongo *Botrytis cinerea* aunque el área invadida era menor con respecto al control.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el índice de decaimiento de los jitomates con la aplicación de envases activos semi comerciales y comparados con envases activos a base de alginato y grenetina fue el envase activo semi comercial F1 quien registro el decaimiento más bajo al finalizar el periodo de almacenamiento ya que registró un decaimiento de 0.9 seguido de los envases activos F1(A) y el elaborado a base de alginato quienes registraron los índices de decaimiento de 1.3.



Tabla 13. Seguimiento fotográfico de envases con envases activos semi comerciales F1 y F1(A).

Días	TRATAMIENTO		
	Control	F1	F1(A)
0			
4			
8			
12			
16			
20			
			



**CONCLUSIONES**



## CONCLUSIONES



El tipo y concentración usada de cada matriz polimérica afectó directamente las propiedades físicas y de barrera de los envases activos demostrando que los envases con 0.25% de alginato y 3% de grenetina presentaron la menor permeabilidad al vapor de agua, así como los mayores valores de luminosidad y transparencia.



El uso de envases activos a base de alginato (0.25%) y grenetina (3%) sobre el jitomate tipo saladette ayudó a disminuir la pérdida de peso y la respiratoria en los frutos, siendo el envase de grenetina el que controló mejor la pérdida de peso, la firmeza, contenido de sólidos solubles totales y respiración.



La adición de extracto de orégano (4000 ppm) como agente anti fúngico a los envases fue una alternativa eficaz para disminuir el índice de decaimiento, siendo el envase de alginato el que disminuyó un 48% el índice de decaimiento causado por *Botrytis cinerea*, por lo que estos envases serian una opción en la conservación de la calidad del jitomate tipo Saladette.



El envase activo semi comercial F1 logró inhibir con mayor eficacia la podredumbre gris en los jitomates al reducir el daño un 64% puesto que el índice de decaimiento fue el más bajo (0.9) además de que controló mejor la firmeza y el color de los jitomates con respecto a F1(A) no obstante fue F1(A) quien produjo en los jitomates la menor pérdida de peso (11%) así como el menor contenido de SST.



El envase activo a base de grenetina y el envase semi comercial F1 son las mejores opciones como envase activo liberador de anti fúngico que pueden aplicarse en jitomate tipo saladette para el control de *Botrytis cinerea*.



# **RECOMENDACIONES**



---

**RECOMENDACIONES**

Considerar como variable diferentes tiempos de inmersión al aplicar el envase activo al jitomate.



Evaluar efecto inhibitorio de extracto de orégano sobre el crecimiento de otros microorganismos que ataquen al jitomate.



Combinar el alginato de sodio y la grenetina con algún polímero lipofílico con vistas a obtener un envase con mejores propiedades de barrera al vapor de agua.



Caracterizar la permeabilidad al CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y etileno de los envases activos tanto de grenetina y alginato así como de los semi comerciales.



Evaluar el efecto que tienen los envases a base de alginato y grenetina sobre otras frutas u hortalizas sin embargo en el caso de las frutas no se recomienda la adición de extracto de orégano como agente anti fúngico ya que afectaría las propiedades organolépticas del fruto.



Estudiar el efecto anti fúngico sobre el crecimiento de *Botrytis cinerea* de otros extractos de plantas del desierto así como de aceites y ceras al adicionarlos a un envase activo para jitomate tipo saladette.



# **REFERENCIAS**



---

**REFERENCIAS**

Aballa A. y Rosen, J.P. (2001). The effects of stabilized extracts of sage and oregano on the oxidation of salad dressings. *EUR. Food Res. Technol.* 212:551-560.



Abraján V. (2008). Efecto del método de extracción en las características químicas físicas del mucílago del nopal (*opuntia ficus-indica*) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible. Tesis para aspirar al grado de Doctora. Universidad Politécnica de Valencia, España.



Aguayo, E. y Artés, F. (2004). Elaboración del tomate mínimamente procesado en fresco. *Compendios de Horticultura*. 15. Ediciones de Horticultura S.L. Reus (España).



Aguilar, M.M. (2005). Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Coordinación General de Postgrados e Investigación. México D.F., México.



Aguilar-Méndez, M. A., Martín-Martínez, S., Espinoza-Herrera, N. L., Sánchez-Flores, M., Cruz-Orea, A., & Ramírez-Ortiz, M. E. (2012). Caracterización y aplicación de películas a base de gelatina-carboximetilcelulosa para la preservación de frutos de guayaba. *Superficies y Vacío*, 25(1): 1-7.



Aguirre, A., Borneo, R., & León, A. E. (2012). Antimicrobial, mechanical and barrier properties of triticale protein films incorporated with oregano essential oil. *Food Bioscience*, 1: 2-9.



Ali, A., Maqbool, M., Ramachandran, S., Alderson, G.P., (2010). Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum L.*) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 58:42-47.



-  Alimentación-sana (2013). El tomate. Consultado en Noviembre de 2013. Disponible en: <http://www.alimentacion-sana.org/Boletines/intro.html>. Consultado el: 15 de Mayo 2014.
-  Althenhofen, M., Krause, A. C., Guenter, T. (2009). Alginate and pectin composite films crosslinked with Ca<sup>2+</sup> ions: Effect of the plasticizer concentration. *Carbohydrate polymers*. 77, 736 - 742.
-  Alvarado-González, J. S., Chanona-Pérez, J. J., Welte-Chanes, J. S., Calderón-Domínguez, G., Arzate-Vázquez, I., Pacheco-Alcalá, S. U., & Gutiérrez-López, G. F. (2012). Propiedades ópticas, micro estructurales, funcionales y nano mecánicas de películas comestibles de gel de Aloe vera/goma gelano. *Revista mexicana de Ingeniería Química*, 11(2): 193-210.
-  Álvarez .R., Delgadillo S. (2004). Enfermedades del tomate y chile bell. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Octubre 13,14 y 15 del 2004. Torreón, México.
-  Amal, S., El-Mogy, M. M., Aboul-Anean, H. E., & Alsanius, B. W. (2010). Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of thimol or calcium chloride. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, 2(3): 88-97.
-  Amaya, P., Peña, L., Mosquera, A., Villada, H., & Villada, D. (2010). Efecto del uso de recubrimientos sobre la calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). *Dyna*, 77(162), 67-73.
-  Andrade, L. A. T., Correa, C. R. B., & Davey, C. H. (2015). Efecto fungistático de extractos y aceites esenciales de *Lippia origanoides HBK* y *Thymus vulgaris L.* como alternativas de manejo de *Botrytis cinerea* en fresa. *Acta Agronómica*, 64(1), 93-99.
-  Andrés, D., Barrio J. (2008). Ciencias para el mundo contemporáneo, 1 Bachillerato. Primera edición. Editorial Editex. Pag: 132.



-  Arcila-Lozano, C., Loarca-Piña, G., Lecona-Uribe, S., González de Mejía, E. (2004). El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(1), 100-111.
-  Arévalo N., Alemán H., Rojas V. y Morales R. (2010). Películas biodegradables a partir de residuos cítricos: propuesta de envases activos. *Revista Latinoamericana de Biotecnología*, 1(2):124-134.
-  Arias-Cruzado, E., Torres-Bojórquez, A., y Pérez-Pérez, C (2010). Caracterización de las Propiedades Mecánicas y de Barrera al Vapor de Agua en Empaques Comestibles a Base de Alginato de Sodio y Aceite Esencial de Orégano. Instituto Tecnológico de Celaya, Dpto. Ingeniería Bioquímica. Celaya, Guanajuato.
-  Asociación Mexicana de horticultura protegida. (AMHPAC) (2015). Disponible en: <http://www.amhpac.org/es/index.php/noticias/353-nueva-variedad-de-tomate-mas-resistente-a-los-virus>. Fecha de consulta: Julio 2015.
-  Avena- Bustillos, R. J., Krochta, J.M., Salveit, M.E., Rojas-Villegas, R.J., and Saucedo-Perez, J.A. (1994). Optimization of edible coating formulations on zucchini to reduce water loss. *Journal Food Engineering*, 21:197-214.
-  Avendaño-Romero, G. C., López-Malo, A., & Palou, E. (2013). Propiedades del alginato y aplicaciones en alimentos. *Temas selectos de Ingeniería en Alimentos*. 7(1):87-96.
-  Ayala, L. C., Valenzuela, C. P., & Bohorquez, Y. (2012). Efecto de un recubrimiento comestible a base de alginato de sodio e iones de calcio sobre la calidad de mora de castilla (*Rubus Glaucus Benth*). *Vitae*, 19(1): S129-S131.
-  Baldwin, E.; Burns, J.; Kazokas, W.; Brecht, J.; Hagenmaier, R.; Bender, R.; Pesis, E. (1999). Effect of two coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangífera indica L.*) ripening during storage. *Postharvest Biology and Technology* 17 (3): 215 – 226.



-  Barbosa-Cánovas, G. (2003). Handling and preservation of fruits and vegetables by combined methods for rural areas: technical manual (Vol. 149). Food and Agriculture Organization.
-  Barrera, B.E. Gil, L.M. García, P.C.M. Durango, R.D.L. (2012). Empleo de un recubrimiento formulado con propóleos para el manejo pos cosecha de frutos de papaya (*Carica papaya L. cv. Hawaiiana*). *Revistas Facultad Nacional de Agronomía*. 65(1): 6497-6506.
-  Barrón, E., Sifuentes, E. L., & Hernández, J. M. (2002). Apertura económica en las frutas y hortalizas de exportación en México. Un acercamiento al estudio de la segmentación de los mercados de fuerza de trabajo. Dirección Editorial Universitaria. México.
-  Batu, A. 2004. Determination of acceptable firmness and color values of tomatoes. *Journal Food Engineering*. 61: 471-475.
-  Blanot, V. (2014). Desarrollo de formulaciones envase poli (ácido láctico) (pla) con actividad antimicrobiana para el uso en envasado activo en aplicaciones alimentarias. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/36134>. Consultado el: 10 de Enero del 2014.
-  Bolívar, K., Sanabria, M. E., Rodríguez, D., de Camacaro, M. P., Ulacio, D., Cumana, L. J., & Crescente, O. (2009). Potencial efecto fungicida de extractos vegetales en el desarrollo in vitro del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. y de la antracnosis en frutos de mango. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(1), 175-181.
-  Bosquez-Molina, E., Guerrero-Legarreta, I., & Vernon-Carter, E. J. (2003). Moisture barrier properties and morphology of mesquite gum–candelilla wax based edible emulsion coatings. *Food research international*, 36(9), 885-893.
-  Brownleader, M. D., Jackson, P., Mobasher, A., Pantelides, A. T., Sumar, S., Trevan, M., & Dey, P. M. (1999). Molecular aspects of cell wall modifications during fruit ripening. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 39(2), 149-164.



Bryan DS (1972). Repaired citrus fruit halves. U.S. patent 19, 700,102.



Caamal- Herrera, I.Q., Pereira-Pacheco, F.E., Madera-Santana, T.J. (2011). Caracterización óptica y mecánica de películas comestibles a base de mezclas binarias de almidones. *Revista Iberoamericana de tecnología post cosecha*, 12(1):100-109.



Cáceres, I., Mulkay, T., Rodríguez, J., Paumier, A., Sisino, A., Castro-López, T. & Gutiérrez, P. (2003). Influencia del encerado y tratamiento térmico en la calidad postcosecha del mango. *Revista Simiente*, 73(1-2), 25-29.



Calero, F. (2006). El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 7(2), 61-85.



Calvo, C., & Durán, L. (1997). Propiedades físicas II: Ópticas y color. *Temas en Tecnología de Alimentos*. Editado por JM Aguilera. Instituto Politécnico Nacional.



Casseres E. (1980). *Producción Hortalizas*. IICA, San José, Costa Rica.



Catalá, R., Hernández-Muroz, P., López-Carballo, G., Gavara, R. (2009). Materiales para el envasado de frutas y hortalizas con tratamientos mínimos. *Horticultura Internacional*, 69, 60-65.



Catalá, R., y Gavara, R. (2001). Nuevos envases. De la protección pasiva a la defensa activa de los alimentos envasados. *Arbor*, 168(661), 109-127.



Cha, D.S.; Chinnan, M. (2004). Biopolymer-based antimicrobial packaging: A review. *Crit. Rev. Food Science. Nutrition* 44: 223-237.



Cheng, M., Deng, J., Yang, F., Gong, Y., Zhao, N., & Zhang, X. (2003). Study on physical properties and nerve cell affinity of composite films from chitosan and gelatin solutions. *Biomaterials*, 24(17), 2871-2880.



Cisneros-Zevallos L. And Krochta J.M. 2003. Dependence of coating thickness of viscosity of coating solution applied to fruits and vegetables by dipping method. *Journal of Food Science*. 68(2): 503-510.



-  Colla, E., P.J.A. Sobral and F.C. Menegalli., (2006). *Aspergillus barasiticus*. Food Control, 15: 479-483.
-  Comisión Nacional Forestal (CONAFORT) (2009). Paquete tecnológico para la producción de orégano (*Lippia spp.*). Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/OREGANO.pdf>. Consultado el: 10 Enero 2015.
-  Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato (CESAVEG), (2010). Manual de plagas y enfermedades del jitomate. Disponible en: [http://www.cesaveg.org.mx/html/folleto/folleto\\_11/folleto\\_jitomate\\_11.pdf](http://www.cesaveg.org.mx/html/folleto/folleto_11/folleto_jitomate_11.pdf). Fecha de consulta: Diciembre 2013.
-  Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. Clinical microbiology reviews, 12(4), 564-582.
-  Cruañes, M., & Locaso, D. E. (2011). Quitosano: antimicrobiano biodegradable en postcosecha de arándanos (*Vaccinium myrtillus L.*). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 12(1), 57-63.
-  Cuq, B., Gontard, N., Cuq, J. L., & Guilbert, S. (1996). Functional properties of myofibrillar protein-based biopackaging as affected by film thickness. *Journal of food science*, 61(3), 580-584.
-  Dafarera, D.J., Ziogas, B.N., Polissiou, M.G. (2000). GC-MS Analysis of essential oils from some greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. J. Agric. Food Chem. 48, 2576-2581.
-  Dambolena, J. S., Zunino, M. P., López, A. G., Rubinstein, H. R., Zygadlo, J. A., Mwangi, J. W., ... & Kariuki, S. T. (2010). Essential oils composition of *Ocimum basilicum L.* and *Ocimum gratissimum L.* from Kenya and their inhibitory effects on growth and fumonisin production by *Fusarium verticillioides*. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 11(2), 410-414.



-  Davicino, R., Mattar, M. A., Casali, Y., Correa, S. G., Pettenati, E., & Micalizzi, B. (2007). Antifungal activity of plant extracts used in folk medicine in Argentina. *Revista Peruana de Biología*, 14, 247-251.
-  De Rodríguez, D. J., García, R. R., Castillo, F. H., González, C. A., Galindo, A. S., Quintanilla, J. V., & Zuccolotto, L. M. (2011). In vitro antifungal activity of extracts of Mexican Chihuahuan Desert plants against postharvest fruit fungi. *Industrial Crops and Products*, 34(1), 960-966.
-  Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J. A., & Voilley, A. (1998). Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a review. *Critical Reviews in Food Science*, 38(4), 299-313.
-  Del-Valle, V., Hernández-Muñoz, P., Guarda, A., & Galotto, M. J. (2005). Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*, 91(4), 751-756.
-  Diab T, Biliaderis CG, Gerasopoulos D, Stakiotakis E. (2001). Physicochemical properties and application of pullulan edible films and coatings in fruit preservation. *J. Science Food Agriculture*. 81: 988-1000.
-  Díaz Narváez, G. C., Pérez Cabrera, L. E., Hernández Lozano, L. C., & Ramírez Gómez, M. M. (2010). Desarrollo de un recubrimiento comestible a base de mucílago de linaza y quitosano y su aplicación para extender la vida útil de fresas. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Irapuato-Salamanca, Guanajuato, México.
-  Dios, A.J (2001). Métodos para medir propiedades físicas en la industria de alimentos. Acribia, Zaragoza, España.
-  Donhowe, I. G., & Fennema, O. (1993). The effects of plasticizers on crystallinity, permeability, and mechanical properties of methylcellulose films. *Journal of Food Processing and Preservation*, 17(4), 247-257.



-  Eckert, J. W., & Ogawa, J. M. (1988). The chemical control of postharvest diseases: deciduous fruits, berries, vegetables and root/tuber crops. *Annual Review of Phytopathology*, 26(1), 433-469.
-  El Ghaouth, A., Arul, J., Ponnampalam, R., & Boulet, M. A. R. C. E. L. (1991). Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. *Journal of food science*, 56(6), 1618-1620.
-  Embuscado, M. E., & Huber, K. C. (2009). *Edible films and coatings for food applications*. Dordrecht, the Netherlands: Springer.
-  Feygenberg O; Hershkovitz V; Nititenko T. (2005). Postharvest use of organic coating for maintaining bio-organic avocado and mango quality. *Acta Horticulturae* 682: 1057-1061.
-  Food and Agricultural Organization (FAO), (2014). Ficha Técnica del tomate (*Lycopersicon esculentum*). Disponible en: [http://www.fao.org/inpho\\_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/tomate.htm](http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/tomate.htm). Fecha de consulta: 8 de Diciembre del 2013.
-  Food and Agricultural Organization (FAO). (2014). Anexo 3: Contenido de nutrientes en alimentos seleccionados. Disponible en: <http://www.fao.org/nutrition/es/>. Consultado el: 10 Marzo 2015.
-  Food and Agricultural Organization Statistics (FAOSTAT). (2012). Producción mundial de jitomate. Disponible en: <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=es>. Consultado el: 28 Noviembre del 2015.
- Food and Agricultural Organization (FAO), (2016). Producción de tomate bajo condiciones protegidas. Manual técnico. Disponible en: <http://www.fao.org/3/content/a259605c-2aed-52cf-bf2f-3be01696197a/a1374s00.htm>. Consultado en: Febrero del 2016.



-  Food and Agricultural Organization (FAO), (2016). Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5055s/x5055s02.htm> Consultado en: Febrero del 2016.
-  Galietta, G. (2001). Formación y caracterización de películas comestibles en base a suero de leche. Tesis de Maestría en Química. Universidad de la República Oriental Uruguay, Montevideo, Uruguay.
-  Galietta, G., Harte, F., Molinari, D., Capdevielle, R., & Diano, W. (2005). Aumento de la vida útil pos cosecha de tomate usando una película de proteína de suero de leche. Revista Iberoamericana de Tecnología Post cosecha, 6(2), 117-123.
-  Galus, S., & Lenart, A. (2013). Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectin. Journal of Food Engineering, 115(4), 459-465.
-  García, M.A., Martino, M.N., Zaritzky, N.E., (2000). Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings. Journal of Food Science 65(6), 941–944.
-  Gennadios, A., Cutis, W.L., Gooding, H.C. (1994). Measurement errors in water vapor permeability of highly permeable, hydrophilic edible films. Journal of Food Engineering. 21(1):395-409.
-  Geraldine, R. M., Ferreira, N., Alvarenga, B., Almeida, G. (2008). Characterization and effect of edible coatings on minimally processed garlic quality. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 72 (1):403-409.
-  González M. (2013). Aplicación de un recubrimiento a base de Alginato y un extracto natural para el control de antracnosis en mangos “Tommy atkins” y “keitt”. Tesis de Ingeniero en Alimentos. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, México.
-  González, M.V. (2010). Conservación de mora, uvilla y frutilla mediante la utilización de aceite esencial de canela (*Cinnamomum zaynalicum*). Tesis de



Bioquímico farmacéutico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.



González-Aguilar, G. A., Valenzuela-Soto, E., Lizardi-Mendoza, J., Goycoolea, F., Martínez-Téllez, M. A., Villegas-Ochoa, M. A., & Ayala-Zavala, J. F. (2009). Effect of chitosan coating in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut papaya „Maradol“. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(1), 15-23.



González-Aguilar, G., Monroy-García, I., Goycoolea-Valencia, F., Díaz-Cinco, M., Ayala-Zavala. (2005). Cubiertas comestibles de quitosano, una alternativa para prevenir el deterioro microbiano y conservar la calidad de papaya fresca cortada. Simposio Nuevas tecnologías de conservación y envasado de frutas y hortalizas. *Vegetales frescos cortados 1*:121-133.



González-Olmos, M.G., Gúzman-Morfin, I. (2011). Efecto de las películas formuladas a base de alginato y grenetina en la vida útil del mango cortado y listo para consumir. Tesis de ingeniero en alimentos. Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán, estado de México.



Gonçalves, B., Silva, A. P., Moutinho-Pereira, J., Bacelar, E. (2007). Effect of ripeness and postharvest storage on the evolution of color and anthocyanins in cherries (*Prunus avium* L.). *Food Chem.* 103, 976-984.



Greener, I. K. and O. Fennema. (1989). Evaluation of edible, bilayer films for use as moisture barriers for food. *J. Food Sci.* 54(6): 1400-1406.



Hambleton, A., Fabra, M.-J., Debeaufort, F., Dury-Brun, C., & Voilley, A. (2009). Interface and aroma barrier properties of iota-carrageenan emulsion-based films used for encapsulation of active food compounds. *Journal of Food Engineering*, 93(1): 80-88.



Han, C., Zhao, Y., Leonard, S. W., Traber, M. G., (2004). Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries



(*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). Postharvest Biol. Tec. 33, 67-78.



Hernández J. (2013). Caracterización físico-química y microbiológica del tomate margariteño (*Lycopersicum esculentum* var.España) y evaluación de la efectividad de tratamientos de pre-ensado para el incremento de su vida comercial a temperatura ambiente. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.



Hernandez-Muños, P., Almenar, E., Ocio, M., Gavara, R. (2006). Effect of calcium dips and chitosan coating on postharvest life of strawberries (*fragaria x annanasa*). Postharvest Biology and Technology 39:247-253.



Hernández-Muñoz, P., Villalobos, R., Chortal, A. (2003). Effect of thermal treatments on functional properties of edible films made from wheat gluten fractions. Food Hydrocolloids 18: 647–654.



Hobson, G. and D. Grierson. (1993). Tomato. In: Seymour, G. B., J. E. Taylor, and G. A. Tucker (Eds.). Biochemistry of fruit ripening. Chapman & Hall, New York



Inestroza, J. (1998). Tecnología para regular el proceso de maduración en tomate. Avances en Horticultura, 3(1), 4-11.



Info rural (2015). Disponible en: <http://www.inforural.com.mx/jitomate-o-tomate-rojo-produccion-nacional/>. Consultado el: 15 Julio 2014.



Investigación y capacitación agropecuaria acuícola y forestal (ICAMEX) (2013). Cultivo del tomate. Consultado en Noviembre del 2013. Disponible en: [http://portal2.edomex.gob.mx/icamex/investigacion\\_publicaciones/horticola/jitomate/index.htm](http://portal2.edomex.gob.mx/icamex/investigacion_publicaciones/horticola/jitomate/index.htm)



Jaramillo S.M. (2014). Extracción de aceite de orégano (*Lippia graveolens Kunth*) y desarrollo de películas comestibles antimicrobianas para el control de *Listeria monocytogenes*. Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Alimentos. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlan Izcalli. México.



-  Jutaporn, C. T., Suphitchaya, C., & Thawien, W. (2011). Antimicrobial activity and characteristics of edible films incorporated with Phayom wood (*Shorea toluca*) extract. *International Food Research Journal*, 18(1).
-  Kader, A., Kasmire, F., Mitchell, F., Reid, M., Sommer, N.; Thompson, J. (1985). *Postharvest technology of horticultural crops*. University of California Special Publication.
-  Kanatt, S. R., Rao, M. S., Chawla, S. P., & Sharma, A. (2012). Active chitosan–polyvinyl alcohol films with natural extracts. *Food hydrocolloids*, 29(2), 290-297.
-  Kays, S.J. y R.E. Paull. 2004. *Postharvest biology*. Exxon Press, Athens, GA
-  Kester, J., and Fennema, O. (1986). Edible films and coatings: A review. *Food Technology* 40:47-59.
-  Kocić-Tanackov, S. D., Dimić, G. R., Tanackov, I. J., Pejin, D. J., Mojović, L. V., & Pejin, J. D. (2012). Antifungal activity of Oregano (*Origanum vulgare L.*) extract on the growth of *Fusarium and Penicillium* species isolated from food. *Hemijaska industrija*, 66(1), 33-41.
-  Krochta, J. M., Baldwin, E. A., Nisperos-Carriedo, M. (1994). *Edible coatings and films to improve food quality*. Eds.; Technomic Publishing Co., Inc.: Lancaster, PA. Florida, USA.
-  Lambert, R. J. W., Skandamis, P. N., Coote, P. J., & Nychas, G. J. (2001). A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of applied microbiology*, 91(3), 453-462.
-  Larontoda, F. D. S. (2007). *Biodegradable films and coatings obtained from carrageenan from Masto carpus stellatus and starch from Quercus süber*. Thesis (Doctor of Philosophy in Chemical and Biological Engineering)-Faculty of Engineering, University of Porto, Porto.
-  León J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales*. IICA, San José, Costa Rica.



Liu HX, Jiang WB, Bi Y, Lou YB (2005). Postharvest BTH treatment induces resistance of peach (*Prunus persica* L. cv. *Jiubao*) fruit to infection by *Penicillium expansum* and enhances activity of fruit defense mechanisms. 35, 263-269.



Liu, J., Liang, J., Kan, J., Chang-Hai, J. (2013). *In vitro* and *in vivo* antioxidant activity of ethanolic extract of white button mushroom (*Agaricus bisporus*). Food and Chemical Toxicology. 51(1):310-316.



Lizcano R. M. C. (2007). Evaluación de la actividad anti fúngica del extracto de tomillo (*Thymus vulgaris*) contra *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotinia sclerotiorum*. Tesis de grado. Pontifica Universidad Javeriana. Bogotá.



Lobo M., y Medina C. I. (2001). Variabilidad morfológica en el tomate pajarito (*Lycopersicon esculentum* var *ceraciforme*), precursor del tomate cultivado. Revista Corpoica. 3(2).



López C. J.; Sánchez M. D.; Buen S. C. (2010). Envases activos e inteligentes con bioproductos de los residuos de camarón. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato 5(60).



López Valenzuela, J. Á., Valverde Juárez, F. J., Torres, M., Lizzeth, S., López Angulo, G., & Vega García, M. O. (2011). Efecto del almacenamiento en atmósfera controlada sobre la calidad post cosecha y nutricional del tomate. Revista Chapingo. Serie horticultura, 17(2), 115-128.



López, A., & Gómez, A. (2004). Comparison of color indexes for tomato ripening. Horticultura Brasileira, 22(3), 534-537.



Losada, P., Cacho, J., Iglesias, M. J., Hernández-Agero, T. O., de la Puerta, C. N., & Rodríguez, R. L. (2011). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en relación a los envases activos e inteligentes. Revista del Comité Científico de la AESAN, (13), 89-105.



-  Maftoonazad, N., & Ramaswamy, H. S. (2005). Postharvest shelf-life extension of avocados using methyl cellulose-based coating. *LWT-Food Science and Technology*, 38(6), 617-624.
-  Mahfoudhi, N., Chouaibi, M., & Hamdi, S. (2013). Effectiveness of almond gum trees exudate as a novel edible coating for improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum L.*) fruits. *Food Science and Technology International*, 1082013212469617.
-  Márquez, C., Cartagena, J., Pérez, M. (2009). Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad en pos cosecha del níspero japonés (*Eriobotrya japonica T.*). *VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*. 16(3), 304-310.
-  Marriaga, O., Puente, A., Polo A. (2014). Centro Nacional de Hotelería, Turismo y Alimentos. Servicio Nacional de Aprendizaje. Disponible en: [http://www.academia.edu/7855545/ENCERADO\\_DE\\_FRUTAS](http://www.academia.edu/7855545/ENCERADO_DE_FRUTAS). Consultado el 28 de Marzo 2014.
-  Martín-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R., & Baldwin, A. (2005). Conservación mediante recubrimientos comestibles. Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados. González-Aguilar, G., México.
-  Martínez, I., & Ponce Lay, M. (2013). Uso y evaluación de dos aceites esenciales (canela y clavo de olor) para control de las pudriciones fungosas y determinación de la vida útil mediante películas protectoras comestibles en papaya (*carica papaya cv. hawaiana*). Tesis de grado de Ingeniería en Alimentos. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
-  Martínez-Cruz, N.S. Arévalo-Niño, K. Verde-Star, M.J. Rivas-Morales, C. Oranday-Cárdenas, A. Nuñez-González. (2011) Antocianinas y actividades anti radicales libres de *Rubus adenotrichus* Schltldl (zarzamora). *Revista mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 42(4):66-71.
-  McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.



-  McHugh, T. H., & Krochta, J. M. (1994). Sorbitol-vs glycerol-plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(4), 841-845.
-  McHugh TH, Huxsoll CC, Krochta JM (1996) Permeabilities properties of fruit puree edible films. *Food Sci.* 61: 88-91.
-  Ospina M, S., y Cartagena V., J. (2008). A atmosfera modificada: uma alternativa para a conservação dos alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(2), 112-123.
-  Michel-Aceves, A. C., Otero-Sánchez, M. A., 1 Martínez-Rojero, R.D., Ariza-Flores, R. Barrios-Ayala, A. y Rebolledo-Martínez, A. (2008). Control biológico in vitro de enfermedades fungosas en tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Revista avances en investigación agropecuaria*, 12(3): 43-54.
-  Miller, K. S., & Krochta, J. M. (1997). Oxygen and aroma barrier properties of edible films: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 8(7), 228-237.
-  Mínguez Mosquera, M. I., Pérez Gálvez, A., & Hornero-Méndez, D. (2005). Pigmentos carotenoides en frutas y vegetales: mucho m s que simples “colorantes” naturales. *CTC Alimentación* 26, 108-113.
-  Miranda P., Trejo V., Aragón N. (2000). Estimación de la permeabilidad al vapor de aguas en películas a base de quitosan. *Revista de la Sociedad Química de México*. 45(1):1-5.
-  Miranda, M., Cárdenas, G., López, D., & Lara-Sagahon, A. V. (2003). Comportamiento de películas de quitosán compuesto en un modelo de almacenamiento de aguacate. *Revista de la Sociedad Química de México*, 47(4), 331-336.
-  Mondragón L. (2007). Producción de jitomate en invernadero. Metepec, Estado de México. Disponible en:



[http://portal2.edomex.gob.mx/icamex/investigacion\\_publicaciones/horticola/jitomate/groups/public/documents/edomex\\_archivo/icamex\\_pdf\\_jitomate13.pdf](http://portal2.edomex.gob.mx/icamex/investigacion_publicaciones/horticola/jitomate/groups/public/documents/edomex_archivo/icamex_pdf_jitomate13.pdf). Consultado el: 19 de Enero del 2014.



Moraes, K. S. D., Fagundes, C., Melo, M. C., Andreani, P., & Monteiro, A. R. (2012). Conservation of Williams's pear using edible coating with alginate and carrageenan. *Food Science and Technology (Campinas)*, 32(4), 679-684.



Moreno, P. M., Martínez, D.T., Reyes, L.D., Peña, L.A., Pérez, A.C. (2006). Intensidad de color y contenido de antocianinas en chile guajillo (*Capsicum annum L.*). *Revista Chapingo. Serie horticultura*. 1281):135-140.



Mortensen, G. (1999). Potential of biobased materials for food packaging. *Trends Food Sci. Tech.* 10(2): 52-68.



Muhammad-Jeveed, A., Jacqout, M., Jamshidianm M., Muhammad, I., Arab-Tehrany, E., Desorby, S. (2012). Fabrication and physiochemical characterization of HPMC films with commercial plant extract: Influence of light and film composition. *Food Hydrocolloids*. 31(1):420-427.



Navarrete, G.K. (2009). Aplicación de un recubrimiento comestible a base de hidroxopropilmetilcelulosa y cera de abeja en la calidad de ciruelas, naranjas y mandarinas. Tesis doctoral en tecnología de alimentos. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.



Negrete E. (2009). Caracterización mecánica y fisicoquímica de una película biodegradable a base de grenetina y su aplicación como cubierta para prolongar vida de almacenamiento en zarzamora. Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Alimentos. Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán Izcalli, México.



Neri, V. (2012). Aplicación de recubrimientos a base de ceras adicionados con compuestos naturales y químicos para controlar la antracnosis en el aguacate hass. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma De México.



NMX-FF-014-1982. Productos alimenticios no industrializados para uso humano. Fruta fresca. Determinación de la resistencia de penetración. Disponible en:



[www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-014-1982.PDF](http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-014-1982.PDF). Consultado el 10 Febrero de 2014.



NMX-FF-031-1997. Productos alimenticios para consumo humano. Hortalizas frescas. Tomate. Especificaciones. Norma Mexicana.



Norajit, K., Kim, K. M., & Ryu, G. H. (2010). Comparative studies on the characterization and antioxidant properties of biodegradable alginate films containing ginseng extract. *Journal of Food Engineering*. 98(3), 377-384.



Nuez F. (1995). *El cultivo del tomate*. Mundi- prensa, Barcelona, España.



OIRSA (2002). Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. Manual técnico sobre inocuidad en frutas y hortalizas frescas. Disponible en: <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/MANUALINOCUIDADfrutasyhortalizas.pdf>. Consultado el: 10 Enero 2014.



Olivas, G. I., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2005). Edible coatings for fresh-cut fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(7-8), 657-670.



OPIC A.C. (2013). Organización para los pueblos indígenas y campesinos. Manual de manejo sustentable del cultivo de jitomate en invernadero. Disponible en: [https://books.google.com.mx/books?id=S52cpdbQcOgC&pg=PA11&lpg=PA11&dq=Manual+de+manejo+sustentable+del+cultivo+de+jitomate+en+invernadero&source=bl&ots=q9IPQ\\_M3rz&sig=crAUIXylxtK0XYFXe-q2M-OOhYw&hl=es-419&sa=X&ved=0CCgQ6AEwAmoVChMIj-j8PiWyQIVA-QmCh2cPwKd#v=onepage&q=Manual%20de%20manejo%20sustentable%20del%20cultivo%20de%20jitomate%20en%20invernadero&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=S52cpdbQcOgC&pg=PA11&lpg=PA11&dq=Manual+de+manejo+sustentable+del+cultivo+de+jitomate+en+invernadero&source=bl&ots=q9IPQ_M3rz&sig=crAUIXylxtK0XYFXe-q2M-OOhYw&hl=es-419&sa=X&ved=0CCgQ6AEwAmoVChMIj-j8PiWyQIVA-QmCh2cPwKd#v=onepage&q=Manual%20de%20manejo%20sustentable%20del%20cultivo%20de%20jitomate%20en%20invernadero&f=false). Consultado el: 10 de Enero del 2014.



Park, H. J., Chinnan, M. S. and Shewfelt, R. L. (1994). Edible coating effect on storage life and quality of tomatoes. *Journal Food Science*. 59(3): 568.



Pastor, N.C. (2010). Recubrimientos comestibles a base de hidroxopropil metil celulosa: caracterización y aplicación. Tesis para obtener el grado de doctor en ingeniero en alimentos. Universidad politécnica de Valencia, Valencia, España.



Pérez Gallardo, A. (2012). Caracterización de recubrimientos a base de almidones modificados y cera de abeja y su efecto en los atributos de calidad de frambuesas almacenadas por periodos cortos. Tesis para el grado de Doctor en ciencias de los alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro.



Pérez M. (2013). Extracción de compuestos activos de plantas para su aplicación en recubrimientos comestibles para controlar podredumbre gris en la fresa. Tesis de Ingeniero en Alimentos. Universidad nacional autónoma de México, Cuautitlán Izcalli, México.



Pérez, B., Bringas, E., Mercado, J. N., Saucedo, C., Cruz, L., & Sañudo, R. B. (2004). Aplicación de cera comestible en mango. Parte II: estudios fisiológicos asociados a la maduración del fruto durante el almacenamiento comercial. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 6(1), 24-33.



Pérez-Gago, M., and Krochta, J. (2002). Drying temperature effect on water vapour permeability and mechanical properties of whey protein-lipid emulsion films. Journal of Agricultural and Food Chemistry 49:2308-2312.



Petersen, K., Nielsen, P. V., Bertelsen, G., Lawther, M., Olsen, M. B., Nilsson, N. H., & Mortensen, G. (1999). Potential of biobased materials for food packaging. Trends in Food Science & Technology, 10(2), 52-68.



Pires, C., Ramos, C., Teixeira, B., Batista, I., Nunes, M. L., & Marques, A. (2013). Hake proteins edible films incorporated with essential oils: Physical, mechanical, antioxidant and antibacterial properties. Food Hydrocolloids, 30(1), 224-231.



Plotto A.; D. D. Roberts and R. G. Roberts. (2003). Evaluation of plant essential oils as natural postharvest disease control of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Acta Hort. 628:737-745.



Porras G. (2009). Comparación de grupos hidrófobos en la superficie de las películas comestibles a base de suero de leche y goma de mezquite mediante el Angulo



de contacto. Tesis para obtener el título de ingeniero en alimentos. Universidad Nacional Autónoma De México, Cuautitlán Izcalli, México.



Quintero, C.J. Falguera, V. Muñoz, H.A. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. Facultad de Ingeniería Agronómica. 5(1):93-118.



Ramírez, C., Gallegos, I., Ihl, M., & Bifani, V. (2012). Study of contact angle, wettability and water vapor permeability in carboxymethylcellulose (CMC) based film with murta leaves (*Ugni molinae Turcz*) extract. Journal of Food Engineering, 109(3), 424-429.



Ramos G., M. (2012). Recubrimientos biodegradables para el control de microorganismo patógenos y conservación de la calidad de frutos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* L.). Tesis de Doctorado. Instituto Politécnico Nacional. Yautepec, Morelos.



Ramos-Belmán, K., Camarena-Barrera, E., Miranda-López R., Sánchez-Pérez T., y Villagómez -Torres A. (2010). Perfil sensorial de tomate (*Lycopersicon esculentum*) variedades saladette, uva, bola y cherry. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Guanajuato, México.



Ramos-García, M.L. Bautista Baños, S. Barrera-Necha, L. (2010). Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. Revista Mexicana de Fitopatología. 44(1):44-57.



Raybaudi-Massilia, R. M., Mosqueda-Melgar, J., & Martín-Belloso, O. (2008). Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon. International Journal of Food Microbiology, 121(3), 313-327.



Restrepo J., Aristizabal I. (2010). Conservación de fresa (*fragaria x ananassa Duch cv Camarosa*) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*aloe barbadensis miller*) y cera de carnauba. VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica 17 (3) 252-263.



-  Rivero, S., García, M. A., & Pinotti, A. (2009). Composite and bi-layer films based on gelatin and chitosan. *Journal of Food Engineering*, 90(4), 531-539.
-  Rizzo P. (2002). *El tomate*. Publicaciones Agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. Ecuador.
-  Rodríguez-Sauceda, R., Rojo-Martínez, G. E., Martínez-Ruiz, R., Piña-Ruiz, H. H., Ramírez-Valverde, B., Vaquera-Huerta, H., & Cong-Hermida, M. D. L. C. (2014). Envases inteligentes para la conservación de alimentos. *Ra Ximhai*, 10(6), 151-173.
-  Rojas-Graü, M. A. (2006). *Recubrimientos comestibles y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada: una nueva estrategia de conservación*. Tesis Doctoral. Universidad de Lleida.
-  Ross, P., Mark H., Bikales, N., Overberger, C., Menges, G., Kroschwitz J. (1987). *Fibers Optical to Hydrogenation*. Wiley-Interscience, New York.
-  Ross-Murphy, S. B. (1992). Structure and rheology of gelatin gels: recent progress. *Polymer*, 33(12), 2622-2627.
-  Salunkhe, D. K., & Desai, B. B. (1984). *Postharvest biotechnology of fruits*. Florida: CRC Press.
-  Salvador, L.; Miranda, S.; Aragón, N.; Lara, V. (1999). Recubrimiento de quitosán en aguacate. *Revista de la Sociedad Química de México* 43 (01): 18-23.
-  Sánchez S. (2013). *Caracterización de películas biodegradables y su aplicación con envase activo en zarzamora (*Rubus frocticosus*) para el control de podredumbre gris*. Tesis de ingeniero en alimentos. Universidad nacional autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, Estado de México.
-  Sañudo T., R. (2013). *El cultivo de tomate (*Lycopersicon esculatum* Mill.) y el potencial endofítico de diferentes aislados de *Beauveria bassiana**. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Indígena de México. Sinaloa.



Santiago, J., Mendoza, M., & Borrego, F. (1998). Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana*, 9, 59-65.



Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y La Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce, A.C. (COPRUFO) (2012). Innovación tecnológica de sistemas de producción y comercialización de especies aromáticas y cultivos élite en agricultura orgánica protegida con energías alternativas de bajo costo, Inteligencia de mercado de tomate saladette.



Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México (SAGARPA) (2010). Monografía de cultivos. Jitomate. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx>. Consultada en Agosto del 2013.



Secretaría de relaciones exteriores (SRE) (2015). Boletín informativo, México: Primer exportador mundial de tomate. Disponible en: <http://consulmex.sre.gob.mx/vancouver/images/pdf/jitomate.pdf>. Consultado el: 29 de Noviembre del 2015.



SIAP (2015). Atlas agroalimentario. Disponible en: [http://nube.siap.gob.mx/publicaciones\\_siap/pag/2015/Atlas-Agroalimentario-2015](http://nube.siap.gob.mx/publicaciones_siap/pag/2015/Atlas-Agroalimentario-2015). Consultado en: 29 Noviembre del 2015.



Siripatrawan, U., & Harte, B. R. (2010). Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract. *Food Hydrocolloids*, 24(8), 770-775.



Sistema Producto Nacional Tomate Rojo (2009). Estudio de Mercado Pro-mercado. Disponible en: <http://www.tomatenacional.com.mx/>. Fecha de consulta marzo 2011.



Skurtys O., Acevedo, C., Pedreschi, F., Enrione, J., Osorio, F., & Aguilera, J. M. (2010). *Food hydrocolloid edible films and coatings*. Nova Science Publishers.



-  Sorian, C., Villamiel, M., (2010). Effect of ultrasound of the technological properties and bioactivity of food a review. *Trends in Food Science and Technology*. 21(1):323:331.
-  Suppakul, P., Miltz, J., Sonneveld, K., & Bigger, S. W. (2003). Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications. *Journal of Food Science*, 68(2), 408-420.
-  Tanada-Palmu, P. S., y Grosso, C. R. (2005). Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest biology and technology*, 36(2), 199-208.
-  Taylor, I. B. (1986). *Biosystematics of the tomato*. Chapman y Hall, New York.
-  Terrazas-Hernández J. A., Rodríguez-Hernández A. I., Vargas-Torres A., Hernández Ávila J., Romero-Bastida C. A., Bello-Pérez L. A, Chavarría-Hernández N. (2010). Propiedades mecánicas y de permeabilidad de películas comestibles elaboradas con polisacáridos de cáscara de tuna (*opuntia albicarpa*) y gelana. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Irapuato-Salamanca, Guanajuato, México.
-  Thakhiew, W., Devahastin, S., & Soponronnarit, S. (2013). Physical and mechanical properties of chitosan films as affected by drying methods and addition of antimicrobial agent. *Journal of Food Engineering*, 119(1), 140-149.
-  The American Phytopathological Society (2000). *Plagas y enfermedades del tomate*. Mundi-prensa, EUA.
-  Tongnuanchan, P., Benjakul, S., & Prodpran, T. (2013). Physico-chemical properties, morphology and antioxidant activity of film from fish skin gelatin incorporated with root essential oils. *Journal of Food Engineering*, 117(3), 350-360.
-  Trejo-Márquez, A, Ramos-López, K., Pérez-Guillen, C. (2007). Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina sobre la calidad de fresa (*Fugaria vesca* L.) almacenada en refrigeración. V Congreso Iberoamericano de Tecnología post cosecha y Agro exportaciones, Cartagena, España: 231-232.



-  Tripathi, P., & Dubey, N. K. (2004). Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. *Postharvest biology and technology*, 32(3), 235-245.
-  UNAM (2015). Medicina tradicional. Consultado el 25 de mayo del 2013. disponible en: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=&id=7483>.  
Fecha de Consulta: Mayo 2015.
-  Valera, A., Materano, W., Maffei, M., Quintero, I., & Zambrano, J. (2011). Uso de recubrimientos comestibles y baja temperatura para mantener la calidad de frutos de mango „Bocado“ durante el almacenamiento. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 28(1).
-  Valero, A. (2012). Principios de color y holopintura. Editorial Club Universitario.
-  Valero, C., Ruiz-Altisent, M. (1998). Equipos de medida de calidad organoléptica en frutas. *Fruticultura profesional*, (95), 38-45.
-  Valle C., Rodríguez P., Gilbert. (2011). Evaluación de vitamina C por HPLC en el desarrollo postcosecha del tomate (*Solanum lycopersicum v. Dominator*). *ECI Perú*. 8 (1)48-53.
-  Vázquez M. (2001). Avances de seguridad alimentaria. Primera edición. Editorial Altaga. Pag: 134.
-  Vera, M. (2014). Desarrollo de un recubrimiento comestibles antimicrobiano en el jitomate variedad saladette para el control de Salmonella. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México.
-  Vicente, A. R., Orting, C., Powell, A. L., Grave, L. C., & Labavitch, J. M. (2007). Temporal sequence of cell wall disassembly events in developing fruits. 1. Analysis of raspberry (*Rubus idaeus*). *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(10), 4119-4124.



Villalobos-Carbajal R., Hernández-Muñoz, P., Albors, A., Chiralt, A., (2009). Barrier and optical properties of edible hydroxypropyl methylcellulose coatings containing surfactants applied of fresh cut carrot slices. *Food Hydrocolloids*. 23(1):526-535.



Villamán, D.M.C. (2007). Elaboración y caracterización de films comestibles basadas en mezclas entre proteínas de quinoa y quitosano. Tesis de licenciatura de ingeniería en alimentos. Universidad de Chile. Santiago, Chile.



Villegas Cardenaz, A. (2005). Cambios en la calidad de frutos de litchi mínimamente procesados. Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, Tulancingo de Bravo, Hidalgo.



Zamudio-Flores, P. B., Bello-Pérez, L. A., Vargas-Torres, A., Hernández-Urbe, J. P., & Romero-Bastida, C. A. (2007). Caracterización parcial de películas preparadas con almidón oxidado de plátano. *Agrociencia*, 41(8), 837-844.



Zapata, P., Guillen, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Valero, D., Serrano, M. (2007). Use of alginate or zein as edible coatings to delay postharvest ripening process and to maintain tomato (*Solanum lycopersicon* Mill) quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 88:1287–1293.