

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**



**Cera de Candelilla y Carnauba con Extracto de Nopal (*Opuntia* sp.) en la  
Postcosecha de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)**

**Por:**

**VICTOR ALFONSO RODRIGUEZ TORRES**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**Ingeniero Agrónomo en Horticultura**

**Saltillo, Coahuila, México**

**Junio de 2012**

**UNIVERSIDA AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISION DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**

Cera de Candelilla y Carnauba con Extracto de Nopal (*Opuntia* sp.) en la  
Postcosecha de Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.)

Por:

**VICTOR ALFONSO RODRIGUEZ TORRES**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada

**Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez**  
Asesor Principal

**MC. Alfonso Rojas Duarte**  
Coasesor

  
**Dr. Víctor Manuel Reyes Salas**  
Coasesor  
**Dr. Leobardo Bañuelos Herrera**  
Coordinador de la División de Agronomía  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2012

**UNIVERSIDA AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**

**Cera de Candelilla y Carnauba con Extracto de Nopal (*opuntia* sp.) en la  
Postcosecha de Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill).**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**VICTOR ALFONSO RODRIGUEZ TORRES**

**Participación en la ejecución técnica de este proyecto de investigación:**

María Guadalupe Pérez Ovalle

**T.L.Q. María Guadalupe Pérez Ovalle**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Junio de 2012**

## AGRADECIMIENTOS

Fueron muchos los momentos difíciles a lo largo de este camino, pero afortunadamente me puedo sentar a escribir la parte más emotiva y personal de este trabajo: los agradecimientos a todos aquellos quienes de una manera u otra me ayudaron a alcanzar esta meta.

**A Dios:** por darme la oportunidad de vivir en este mundo y tener fuerza, confianza y esperanzas para lograr culminar uno de mis sueños más anhelados, gracias por estar conmigo en todos momentos de mi vida, además por darme la alegría de compartir con mi familia y mis amigos.

A mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro “**Alma Terra Mater**” por darme la grandiosa oportunidad de ser buitre y formarme no solo como profesionista sino también como persona.

Mil gracias a la **Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez**, por poner en mis manos esta investigación la atención brindada con tanta amabilidad en el transcurso de esta investigación, por apoyarme en la revisión, corrección, sugerencias y disponibilidad en todo momento.

Gracias a **T.L.Q. María Guadalupe Pérez Ovalle** del laboratorio de postcosecha quien me ayudo en momentos de angustia. Gracias por no aburrirme con tantos kilos de tomate, por estar siempre allí en los momentos más cruciales del experimento y gracias por esas ideas.

Al **MC. Alfonso Rojas Duarte**, gracias por la confianza para aceptar la revisión de este trabajo y ser participe en esta investigación.

Al **Dr. Victor M. Reyes Salas**, por su apreciable cooperación en la revisión de este trabajo y por su disponibilidad en todo momento.

A todos y cada uno de mis maestros por su esfuerzo, dedicación y empeño, por transmitirme una parte de sus conocimientos.

A todos mis amigos, gracias por brindarme su amistad, por apoyarme, escucharme en todos esos momentos difíciles. Gracias por todos los momentos de alegría y emociones que hemos compartido.

Y sobre todo muchas gracias a toda y cada una de las personas que de uno y otra forma me apoyaron a culminar este sueño, que ahora ya es una realidad. Mil gracias a todas estas personas.

## DEDICATORIAS

**A mis papas:** Con el más profundo y eterno amor, admiración y respeto que se merecen, dedico este pequeño y humilde tributo porque gracias a ellos que siempre me apoyaron pude realizar esto que antes era un sueño y ahora es una realidad.

**A mi papa Juan Rodríguez Magaña.** Le doy gracias por haberme inculcado el respeto hacia las demás personas y por haberme enseñado hacer responsable en mis actos y por su infinito apoyo que dios te bendiga.

**A mi mama Victoria Torres Sánchez.** Por haberme dado la vida y por los desvelos y sacrificios que hicieron posible una de las metas más deseadas de mi vida. Por ese amor, apoyo y comprensión en aquellos momentos que más lo necesite que dios te bendiga.

Mil gracias les doy por ser unos padres maravillosos y por esa confianza que siempre me tuvieron.

Un muy merecido agradecimiento a mis hermanos: **Juan** (Juancho), a quien jamás podre pagarte todo el apoyo que me has brindado no solo económicamente sino también emocionalmente. **Lucia, Daniel y Lorena** les doy gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas y sobre todo por compartir buenos momentos de felicidad en la vida, que dios los bendiga y les deseo lo mejor.

**A mi familia, tíos y primos.** A ellos que de una u otra forma me han brindado su apoyo en mi formación profesional.

## INDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>RESUMEN</b> .....	ix
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	1
<b>1.1. OBEJETIVO GENARAL</b> .....	3
<b>1.2. OBLETIVOS ESPECIFICOS</b> .....	3
<b>1.3. HIPOTESIS</b> .....	3
<b>II. REVISION DE LITERATURA</b> .....	4
<b>2.1. Importancia económica del tomate</b> .....	4
<b>2.2. Manejo de la Postcosecha</b> .....	6
<b>2.3. Problemática en la Postcosecha</b> .....	9
2.3.1. Respiración .....	10
2.3.2. Producción de Etileno .....	11
2.3.3. Cambios en la composición.....	11
2.3.4. Transpiración.....	11
2.3.5. Deterioro patológico .....	12
<b>2.4. Índices de calidad del tomate</b> .....	12
<b>2.5. Tratamientos y técnicas utilizados en la postcosecha</b> ...	14
2.5.1. Prerrefrigeracion.....	14
2.5.2. Atmósferas modificadas y Atmósferas controladas .....	15
2.5.3. Tratamientos con quitosano .....	16
2.5.4. Irradiación UV-C.....	16
2.5.5. Recubrimientos comestibles.....	17
<b>2.6. Aplicación de ceras en frutas y hortalizas</b> .....	18
<b>2.7. Cera de candelilla</b> .....	22
<b>2.8. Cera de carnauba</b> .....	23
<b>2.9. Mucilago de nopal</b> .....	24
<b>III. MATERIALES Y METODOS</b> .....	25
<b>3.1. Ubicación del experimento</b> .....	25

<b>3.2. Material vegetativo</b>	25
<b>3.3. Descripción de los tratamientos</b>	25
<b>3.4. Metodología experimental</b>	27
<b>3.5. Parámetros evaluados</b>	27
3.5.1. Determinación de peso	27
3.5.2. Determinación de color	28
3.5.3. Determinación de firmeza	28
3.5.4. Determinación de ácido cítrico	29
3.5.5. Vida postcosecha	29
<b>3.6. Diseño experimental</b>	29
<b>3.7. Análisis estadísticos</b>	29
3.7.1. Modelo estadístico	30
<b>IV. RESULTADOS</b>	31
<b>V. DISCUSIÓN</b>	44
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	47
<b>VII. LITERATURA CITADA</b>	48
<b>VIII. APÉNDICE</b>	54

## TABLA DE CUADROS

Cuadro 1	Composición química de la cera de candelilla.....	23
Cuadro 2	Composición química de la cera de carnauba.....	23
Cuadro 3	Tratamientos a base de cera de candelilla y carnauba mas el extracto de nopal obtenido por tres diferentes vías.....	26
Cuadro 4	Comparación de medias de Tukey de la variable determinación de pérdida de peso (g) en tomate saladette sobre cinco evaluaciones en su postcosecha.....	32
Cuadro 5	Comparación de medias de Tukey de la variable determinación de pérdida de firmeza (Kg/cm <sup>2</sup> ) en tomate saladette sobre cinco evaluaciones en su postcosecha.....	35
Cuadro 6	Comparación de medias de Tukey de la variable comportamiento de color en tomate saladette sobre cinco evaluaciones en su postcosecha.....	38
Cuadro 7	Comparación de medias de la variable (%) ácido cítrico en tomate saladette de los tratamientos sobre cinco evaluaciones en su postcosecha.....	42
Cuadro 8	Análisis de varianza para la prueba determinación de pérdida de peso en tomate saladette en la primera evaluación durante su postcosecha.....	54
Cuadro 9	Análisis de varianza para la prueba determinación de pérdida de peso en tomate saladette en la segunda evaluación durante su postcosecha.....	54
Cuadro 10	Análisis de varianza para la prueba determinación de pérdida de peso en tomate saladette en la tercera evaluación durante su postcosecha.....	54
Cuadro 11	Análisis de varianza para la prueba determinación de pérdida de peso en tomate saladette en la cuarta evaluación durante su postcosecha.....	55

Cuadro 12	Análisis de varianza para la prueba determinación de pérdida de peso en tomate saladette en la quinta evaluación durante su postcosecha.....	55
Cuadro 13	Análisis de varianza para la prueba determinación de pérdida de firmeza en tomate saladette en la primera evaluación durante su postcosecha.....	55
Cuadro 14	Análisis de varianza para la prueba determinación de pérdida de firmeza en tomate saladette en la segunda evaluación durante su postcosecha.....	56
Cuadro 15	Análisis de varianza para la prueba determinación de pérdida de firmeza en tomate saladette en la tercera evaluación durante su postcosecha.....	56
Cuadro 16	Análisis de varianza para la prueba determinación de pérdida de firmeza en tomate saladette en la cuarta evaluación durante su postcosecha.....	56
Cuadro 17	Análisis de varianza para la prueba determinación de pérdida de firmeza en tomate saladette en la quinta evaluación durante su postcosecha.....	57
Cuadro 18	Análisis de varianza para la prueba vida de anaquel en tomate saladette.....	57

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1	Comportamiento de pérdida de peso (g) en tomate saladet por efecto de los tratamientos en cinco evaluaciones durante su postcosecha.....	33
Figura 2	Comportamiento de pérdida de firmeza ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) en tomate saladet por efecto de los tratamientos en cinco evaluaciones durante su postcosecha.....	36
Figura 3	Comportamiento del color en tomate saladette por efecto de los tratamientos durante su vida de anaquel.....	37
Figura 4	Comportamiento de luminosidad en tomate saladet por efecto de los tratamientos en cinco evaluaciones realizadas durante su postcosecha.....	49
Figura 5	Comportamiento de $a^*$ en tomate saladet por efecto de los tratamientos en cinco evaluaciones realizadas durante su postcosecha.....	40
Figura 6	Comportamiento de $b^*$ en tomate saladet por efecto de los tratamientos en cinco evaluaciones realizadas durante su postcosecha.....	41
Figura 7	Comparación de medias de la vida de anaquel en días por efecto de los tratamientos aplicados en el tomate saladette....	43

## RESUMEN

El tomate pertenece a la familia de las solanáceas y es la hortaliza de mayor importancia en nuestro país debido al valor de su producción y a la mano de obra que genera. Además, es importante porque se utiliza tanto para consumo en fresco como para la industria.

Esta hortaliza al igual que otras tiende a sufrir daños durante su postcosecha porque favorece la entrada de patógenos que acortan su vida de anaquel significativamente. Una de las estrategias que disminuyen las pérdidas entre la cosecha y el consumo es con la aplicación de recubrimientos comestibles como son las ceras naturales de carnauba, abeja y más recientemente la cera de candelilla. Por lo que la presente investigación se realizó en el laboratorio de postcosecha del Departamento de Horticultura de la U.A.A.A.N., y consistió en la aplicación de 1, 2 y 3 g/L de cera de candelilla y carnauba más extracto de nopal obtenido por tres mecanismos diferentes en tomate tipo Saladette (*Lycopersicon esculentum* Mill).

Las variables evaluadas en el experimento fueron pérdida de peso, pérdida de firmeza, color, ácido cítrico y vida de anaquel. Además el diseño experimental fue un completamente al azar con 10 repeticiones por tratamiento y cinco evaluaciones.

Los resultados mostraron que el mejor tratamiento fue el formulado con 2 g de cera de candelilla y carnauba más el extracto de nopal reposado ya que conservó mejor el peso inicial de los frutos, la firmeza, el color e incrementó la vida de anaquel comparado con el testigo.

**Palabras clave:** Tomate, ceras, candelilla, carnauba, extracto de nopal, Postcosecha

## I. INTRODUCCION

El tomate o jitomate es la aportación vegetal más extendida mundialmente de México. La aceptación que tiene en las diversas culturas del mundo se evidencia por ser el segundo producto hortícola para consumo en el planeta. El origen del cultivo tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero parece que fue en México donde se domesticó, quizá porque crecía como arvense entre los huertos.

Los productores más importantes de tomate en el mundo en el año 2010 fueron: China con 41.8 millones ton; Estados Unidos de América con 12.9 millones ton; India con 11.9 millones ton; Turquía con 10 millones ton; Egipto con 8.5 millones ton; Italia con 6 millones ton; Irán con 5.2 millones ton; España con 4.3 millones ton; Brasil con 3.6 millones ton; México con 2.9 millones ton (FAO STAT, 2010).

En los últimos años la producción de tomate en México ha mantenido muchas variaciones, en el año 2010 la producción alcanzó 2.9 millones de toneladas, los estados que se destacaron por su producción de tomate fueron Sinaloa, Baja California Norte, San Luis Potosí, Michoacán, Jalisco, Sonora y Nayarit, que en conjunto aportan el 77% de la producción. El principal estado productor es Sinaloa que aporta el 40% de la producción de México.

Los cambios físicos, fisiológicos y bioquímicos que ocurren en postcosecha de hortalizas no pueden ser detenidos pero afortunadamente pueden ser desacelerados dentro de ciertos límites con varios tratamientos que existen en la actualidad (Kader, 1992).

Entre la producción y la entrega al consumidor final ocurren pérdidas elevadas en calidad, esto debido de que ocurren cambios físicos como son: daños mecánicos, calor y descomposición de tipo patológico por hongos y bacterias.

En la actualidad existen recubrimientos comestibles que constituyen una estrategia potencial para reducir los daños en frutas como las películas comestibles, ceras orgánicas, ceras comerciales, polímeros, aceites y atmosferas controladas (Rojas, 2006).

## **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la cera de candelilla y carnauba más tres extractos de nopal en la postcosecha de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill).

## **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Determinar una concentración de cera de candelilla y carnauba más extracto de nopal que permita incrementar la vida de anaquel y mantener la calidad en tomate Saladette.
- ❖ Determinar la mejor forma de obtener el extracto de nopal para ser aplicado junto con la cera probada en frutos de tomate.
- ❖ Evaluar el efecto de la aplicación de ceras y extractos de nopal sobre las variables de calidad peso, firmeza, color, contenido de ácido cítrico y vida de anaquel en tomate.
- ❖ Darle una mayor utilidad a los productos obtenidos de la candelilla la cual se produce en grandes cantidades en la región norte del país.

## **1.3. HIPÓTESIS**

Al menos uno de los tratamientos elaborados con cera de candelilla y carnauba más extractos de nopal mantendrá la calidad e incrementará la vida de anaquel en tomate tipo Saladette.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Importancia económica del tomate

El origen del cultivo tomate o jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero parece que fue en México donde se domesticó, quizá porque crecía como arvense entre los huertos. Durante el siglo XVI se consumían en México de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, pero para entonces ya había sido llevado a España y servía como alimento también en Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacias y así se mantuvieron en Alemania hasta el siglo XIX. Los Españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, de allí a otros países asiáticos y de Europa se difundió a Estados Unidos y Canadá (Marroquín, 2005).

En México, como en otras partes del mundo, se prefiere consumir el tomate fresco, pero también es utilizado como producto industrializado para elaborar pastas, salsas, purés, jugos, etc. El tomate es una rica fuente de vitaminas A, B1, B2, B5, C y E y de minerales como Fósforo, Potasio, Magnesio, Manganeso, Zinc, Cobre, Sodio, Hierro y Calcio además incluye proteínas, hidratos de carbono, fibra, ácido fólico, ácido tartárico, ácido succínico y ácido salicílico.

El tomate rojo es una de las especies hortícolas más importantes de nuestro país debido al valor de su producción y a la demanda de mano de obra que genera. Es el principal producto hortícola de exportación, ya que representa el 37% del valor total de las exportaciones de

legumbres y hortalizas y el 16% del valor total de las exportaciones agropecuarias, solo superada por el ganado vacuno (SAGARPA, 2008).

El tomate es la aportación vegetal más extendida mundialmente de México. La aceptación que tiene en las diversas culturas del mundo se evidencia por ser el segundo producto hortícola para consumo en el planeta. Es un importante generador de divisas y de empleos, sobre lo cual se registra un requerimiento total de 140 jornales por hectárea, cuyas actividades se distribuyen en labores de cultivo y cosecha, en selección, empaque y ventas de producto (Linares, 1999).

En los últimos años la producción de tomate en México ha mostrado muchas variaciones, en el año 2010 la producción alcanzó 2.9 millones de toneladas, los estados que se destacaron por su producción de este cultivo fueron Sinaloa, Baja California Norte, San Luis Potosí, Michoacán, Jalisco, Sonora y Nayarit, que en conjunto aportaron el 77% de la producción. El principal estado productor es Sinaloa que aporta el 40% de la producción de México.

A nivel mundial, de acuerdo con cifras de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en el año 2010 se cosecharon alrededor de 4.3 millones de hectáreas de tomate o jitomate obteniéndose cerca de 145 millones de toneladas de producción.

Los productores más importantes de tomate en el mundo concentraron el 70.3% de lo generado en el año 2010: China con el 28.7% (41.8

millones ton); Estados Unidos de América con el 8.8% (12.9 millones ton); India con el 8.2% (11.9 millones ton); Turquía con el 6.9% (10 millones ton); Egipto con el 5.8% (8.5 millones ton); Italia con el 4.1% (6 millones ton); Irán con el 3.6% (5.2 millones ton); España con el 2.9% (4.3 millones ton); Brasil con el 2.5% (3.6 millones ton); México con el 2% (2.9 millones ton) (FAO STAT, 2010).

Entre las diferentes variedades que se producen en México, se encuentra el tomate rojo Saladette, tomate bola, cherry, tomate verde y otras variedades como el criollo, tan pequeña como una uva, que se da en distintas selvas del país. Comparado con otros vegetales, los frutos de tomate son menos perecederos y resistentes a daños de transporte (Berenguer, 2003).

## **2.2. Manejo de la postcosecha**

México tiene gran necesidad de obtener divisas mediante la exportación de productos de alto valor como los vegetales frescos que se encuentran entre los bienes que nuestro país puede ofrecer, sin embargo es necesario aun mucho trabajo para obtener productos de alta calidad y es prioritario desarrollar tecnología de manejo de postcosecha que permita ofrecerlos y competir con los mercados internacionales. (Sandoval, 1997).

Uno de los objetivos primordiales que busca la postcosecha en frutas y hortalizas es disminuir las pérdidas que existen entre la cosecha y el consumo. El proceso de postcosecha se entiende como un conjunto de actividades que se realizan para el traslado de los productos del campo

al consumidor. Esto implica que las hortalizas y las frutas lleguen a su destino en buenas condiciones, con oportunidad, a precios accesibles y sobre todo con la calidad aceptable para el consumidor (Valenzuela y Zamorano, 2008).

Blandón (2010), define el manejo de la postcosecha como el conjunto de operaciones y procedimientos tecnológicos tendientes no solo a movilizar el producto cosechado desde el productor hasta el consumidor, sino también y más que todo a proteger su integridad y preservar su calidad de acuerdo a su propio comportamiento y características físicas, químicas y biológicas, durante todo su periodo de post recolección: cosecha, acopio local o en finca, lavado y limpieza, selección, clasificación, empaque, embarque, transporte, desembarque y almacenamiento.

El manejo de una buena postcosecha es de gran importancia, ya que se ve reflejada en la calidad y su objetivo final es que el producto lo reciba el consumidor en el anaquel tal como se cosecha de la planta (Sandoval, 1997).

Las técnicas de postcosecha como el manipuleo y almacenamiento a mediano y/o largo plazo, buscan reducir la tasa respiratoria de los productos cosechados a fin de preservar sus atributos de calidad, asegurando el abastecimiento de los mercados en épocas de escasez y la obtención de mejores precios para el productor. Todos los productores agrícolas son entes vivientes y la función metabólica que los caracteriza es la respiración. Después de cosechados los productos agrícolas pasan a depender exclusivamente de las reservas

acumuladas, y es a través del proceso de la respiración que las reservas son consumidas para la supervivencia del producto cosechado (Manrique, 2010).

Defilippi (2009), plantea algunas estrategias en la etapa de postcosecha en frutas y hortalizas:

- a) Variedades adaptadas a condiciones locales.
- b) Variedades adaptadas a requerimientos de mercado.
- c) Condiciones de postcosecha adecuadas.
- d) Índices de cosecha y madurez adecuada.
- e) Buen manejo de temperatura y humedad.
- f) Control de microorganismos.
- g) Disponibilidad de tecnologías.
- h) Higiene.

La tecnología de postcosecha se basa fundamentalmente en el conocimiento de los factores ambientales y biológicos relacionados con este deterioro, así como en la aplicación de procedimientos que permitan demorar el proceso de senescencia, manteniendo la máxima calidad posible (Cantos, 2003).

Mazaud y Pierre (2000) proponen algunos factores en el manejo de postcosecha que se deben de tomarse en cuenta:

- El momento elegido y la técnica utilizada para hacer la cosecha pueden afectar a la calidad de los productos si no se realiza de buena forma y con los cuidados necesarios.
- La selección, criba y clasificación de los productos permite diferenciar el producto y satisface a un mayor número de consumidores.

- El tratamiento químico debe ser realizado con precaución, porque puede ser perjudicial para la salud de los consumidores.
- La preparación permite prolongar la vida de producto, además de poder hacerlo más manejable y atractivo.
- Un lugar de almacenamiento limpio y adecuado contribuye a la buena conservación del producto.
- Las condiciones inadecuadas de transporte pueden perjudicar la calidad de un producto.
- La transformación que modifique de manera química y/o física la naturaleza del producto bruto con el fin de prolongar su duración o de convertirlo en un producto que se presenta más fácilmente a la comercialización alimentaria tiende a detener o ralentizar la degradación del producto.

El propósito de la postcosecha tiene como finalidad preservar la calidad obtenida de campo y disminuir las posibles pérdidas durante el proceso de mercado y distribución hasta el consumo final. (Elhadi *et al.*, 1992).

### **2.3. Problemática en la postcosecha**

Los patógenos más importantes que causan pérdidas en la postcosecha de frutas y hortalizas son normalmente las bacterias (*Erwinia* y *Pseudomonas*) y los hongos (*Alternaria*, *Botrytis*, *Diplodia*, *Monilinia*, *Penicillium*, *Colletotrichum*, *Phomopsis*, *Fusarium*, *Rhizopus* y *Mucor*); sin embargo, algunos roedores e insectos pueden contribuir a las pérdidas directamente al causando daño mecánico, indirectamente transmitiendo y creando vías de entrada para los patógenos (FHIA, 2007).

Martínez (2000) menciona que por lo general entre el campo y el consumidor de los productos hortícolas ocurren pérdidas elevadas en cantidad y calidad a consecuencia de factores tales como los cambios

fisiológicos del producto, el daño mecánico, el calor y la descomposición de tipo patológico provocada por hongos, bacterias. De tal forma que la magnitud de las pérdidas en postcosecha en hortalizas frescas es elevada y llega hasta un 25 % en países desarrollados y hasta un 60 % en subdesarrollados.

Cantos (2003) indica que la velocidad del deterioro depende del tipo de producto de las condiciones de cultivo en las condiciones en que es mantenido. Los cambios que ocurren en la postcosecha no pueden ser detenidos, pero si demorados dentro de ciertos límites.

Las frutas y hortalizas frescas son generalmente las más susceptibles al deterioro postcosecha, lo cual puede deberse a las siguientes razones:

- ❖ Cambios fisiológicos como la senescencia y la maduración.
- ❖ Daños físico-mecánicos causados por magulladuras por roce, compresión, o impacto.
- ❖ Daño químico.
- ❖ Descomposición por microorganismos, los cuales en sentido estricto son considerados causas patológicas.

Por su parte Kader (1992) considera algunos factores biológicos importantes que influyen en el deterioro en la postcosecha de frutas y hortalizas.

### 2.3.1. Respiración

La respiración es el proceso mediante el cual las reservas orgánicas (proteínas, grasas) son degradadas productos finales simples como una liberación de energía. El oxígeno ( $O_2$ ) es usado y el bióxido de carbono ( $CO_2$ ) es producido en este proceso. La pérdida de las reservas del

material orgánico en el producto durante la respiración significa, una aceleración de la senescencia conforme las reservas que mantienen vivo el producto se agotan, una reducción en el valor nutritivo para el consumidor, pérdida en la calidad de sabor, especialmente en la dulzura y pérdida de peso seco.

### 2.3.2. Producción de Etileno.

Es el compuesto orgánico más simple que afectan los procesos fisiológicos de la planta, siendo producido por todos los tejidos en plantas superiores de algunos microorganismos, el etileno regula muchos aspectos del crecimiento, desarrollo y senescencia de igual manera es fisiológicamente activo en concentraciones muy bajas.

### 2.3.3. Cambios en la composición

Muchos cambios en los pigmentos se llevan a cabo durante el desarrollo y la maduración del fruto en la planta. Pérdida de la clorofila, es deseable en frutas pero no en vegetales, desarrollo de carotenoides (color, amarillo y naranja) es deseable en algunos frutos, desarrollo de pigmentos solubles en agua y son menos estables que los carotenoides y cambios en antocianinas y otros compuestos fenológicos pueden dar como resultado el pardeamiento de tejidos.

### 2.3.4. Transpiración

La pérdida de agua es una de las causas principales de deterioro, por que de esto da como resultado no solamente pérdidas cuantitativas directas (pérdida del peso vendible), pero también pérdida en la apariencia (marchitamiento y deshidratación), la calidad de la textura (ablandamiento, flacidez y pérdida de textura), así como valor

nutricional. El sistema dermal (cubierta protectora exterior), las células epidérmicas los estomas, las lenticelas y los tricomas (pelos).

#### 2.3.5. Deterioro patológico

Uno de los síntomas más comunes y obvios del deterioro es el que resulta de la actividad de las bacterias y de los hongos. El ataque de los organismos ocurre después del daño mecánico, físico o un desorden fisiológico del fruto. El inicio de la maduración en las frutas y la senescencia en todos los productos los hacen susceptibles a las infecciones de los patógenos.

### 2.4. Índices de calidad del tomate

La apariencia es la primera impresión que el consumidor recibe y el componente más importante para la aceptación y eventualmente la compra. El brillo realza el color de la mayor parte de los productos, es valorado en especies como manzana, berenjena, uvas, ciruelas, cerezas, tomate, etc., a tal punto que muchas de ellas son enceradas y lustradas para mejorar su aspecto.

Cantos (2003) define algunos conceptos de madurez para tomarlos en cuenta sobre la calidad en frutas y hortalizas:

Madurez fisiológica.- Es el punto de desarrollo de un órgano o una planta en el que ha alcanzado el máximo crecimiento y puede completar su desarrollo después de cosechado.

Madurez comercial.- Es el estado de desarrollo de un órgano o parte de una planta que posee los requisitos determinados por el mercado o su destino. Generalmente tiene que ver poco con la madurez fisiológica y

puede ocurrir en cualquier estado del desarrollo. Depende del tamaño, como el pepino y color como la berenjena, calabacita etc., del grado de compactación como en repollo y en textura como chícharo.

Madurez organoléptica. - Es la sumatoria de características estéticas y/o de calidad nutritiva del producto que conllevan a la visualización en cambios en la composición, textura, sabor y aroma. Estos cambios son el resultado de complejas alteraciones metabólicas.

La calidad en frutas y hortalizas juega un papel muy importante para los productores y comerciantes debido que se esfuerzan por tener productos con buena apariencia y mínimos defectos visuales. Así mismo para los mayoristas y distribuidores lo más importante en los productos hortícolas es la calidad en términos de apariencia, firmeza y una larga vida de almacenamiento (Kader, 1992).

La calidad estándar del tomate se basa principalmente en su forma uniforme y en que esté libre de defectos de crecimiento y de manejo. El tamaño no es un factor del grado de calidad pero puede influir fuertemente en las expectativas de su calidad comercial. Particularmente se desean frutos con las siguientes características:

- ✓ **Forma:** bien formado por tipo (redondo, en forma de globo, globo aplanado u ovalado).
- ✓ **Color:** color uniforme (de naranja- rojo a rojo profundo; amarillo ligero). Los hombros que nos estén verdes.
- ✓ **Apariencia:** lisa y una pequeña cicatriz en el extremo distal y en el extremo del pedúnculo. Ausencia de grietas de crecimiento, cara de gato, sutura, quemado de sol, daño por insectos y daño mecánico o magulladuras.
- ✓ **Firmeza:** que sea firme al tacto. Que no esté suave y que no se

deforme fácilmente debido a su condición de sobremaduro.

## **2.5. Tratamientos y técnicas aplicadas en la postcosecha**

Las pérdidas en la postcosecha en frutas y hortalizas han sido de gran importancia económica, es por eso que el hombre en la actualidad ha creado varias técnicas y estrategias para reducir dichos problemas y de esta forma poder llevar el alimento con buena calidad para el consumidor. A continuación se mencionan algunas técnicas y tratamientos que se utilizan para reducir pérdidas en la postcosecha.

### **2.5.1. Prerrefrigeración**

Esta operación consiste en hacer descender lo más rápidamente posible la temperatura que tiene las frutas después de la recolección hasta una temperatura inferior que dependa de la naturaleza del producto, de la duración en almacenamiento, transportes posteriores, de las características con que este se realiza y del destino final de los productos. Es hacer descender la temperatura que tienen las hortalizas después de la recolección a una temperatura inferior. Para las frutas muy perecederas se recomienda llevar la temperatura de 3 o 4° C, para frutas no tan perecederas se recomienda enfriar hasta 5 a 8° C. En el caso de frutas y hortalizas la temperatura debe bajar a 8 a 10° C. Esta operación se realiza por que se consigue reducir la duración del periodo durante el cual el producto aun caliente, respira activamente, se recalienta, pierde agua y elementos nutritivos, en realidad con la prerrefrigeracion se pretende inmovilizar el producto en sus condiciones iniciales.

### 2.5.2. Atmósferas modificadas y Atmósferas controladas

Las atmósferas modificadas se refieren al uso de cualquier ambiente con una atmósfera diferente del aire normal (20 – 21 % de O<sub>2</sub>, 78 – 79% N<sub>2</sub>, 0.03 % CO<sub>2</sub> y de otros gases). Las atmósferas controladas se refieren a todas aquellas atmósferas que son estrictamente controladas durante el periodo de almacenamiento o transporte de los productos hortofrutícolas. Las atmósferas modificadas y controladas normalmente se fundamentan en la aplicación de una atmósfera con concentraciones bajas de O<sub>2</sub> y/o altas de CO<sub>2</sub>, pero también otros gases pueden ser manipulados como el CO<sub>2</sub>, etileno, propileno, entre otros. Las atmosferas modificadas y controladas presentan grandes ventajas para el manejo de los productos hortofrutícolas entre las que se incluyen:

- Retardar la maduración y senescencia par la vida en postcosecha.
- Prevenir y/o controlar algunos desordenes fisiológicos como son el daño por frio y el escaldado, entre otros.
- Controlar o prevenir enfermedades y pudriciones ocasionadas por microorganismos.
- Controlan las infecciones ocasionadas por los insectos.
- Mantienen la calidad nutritiva de las frutas y hortalizas.

Las atmósferas modificadas y controladas son utilizadas para el empaque, transporte y almacenamiento de una gran diversidad de alimentos. En el caso de los productos hortofrutícolas las atmósferas modificadas y controladas son utilizadas en el almacenamiento para ciertas frutas y hortalizas.

### 2.5.3. Tratamiento con quitosano

El quitosano, derivado de la quitina es un producto natural que se obtiene de crustáceos principalmente, el uso del quitosano en frutas y hortalizas reduce el desarrollo de pudriciones durante el almacenamiento causado por *Botrytis cinera*, *Rhizopus stolonifer*, *Alternaria alternata* y *Peicillium expansum* entre otras. Por otro lado al formar una película semipermeable, el quitosano ocasiona cambios físicos-químicos favorables en el metabolismo de las frutas y hortalizas alargando su vida de anaquel. En general la síntesis de CO<sub>2</sub>, etileno y la pérdida de agua se reducen. Otros cambios en el producto tratado con quitosano como retraso en la pérdida de firmeza e incremento en el contenido de sólidos solubles totales también se manifiestan. El quitosano al ser un producto biodegradable y no tóxico ayudaría a las necesidades de alcanzar una agricultura sustentable (Bautista *et al.*, 2005).

### 2.5.4. Irradiación UV-C

La irradiación ultravioleta tipo C se emplea como desinfectante en frutos y hortalizas frescos, porque es un tratamiento que no deja residuos y no genera cambios indeseables en las características sensoriales y nutritivas del producto. La efectividad del tratamiento de irradiación con UV-C depende de muchos factores, como la dosis administrada, la fuente de luz, la especie y el cultivar, entre otros. Al tomar en cuenta que algunas respuestas naturales de defensa inducidas por la UV-C proporcionan un valor nutricional agregado al alimento, se requiere profundizar sobre los cambios en el metabolismo del producto, como son la síntesis de compuestos fenólicos, antioxidantes y antisenescentes, a partir de los efectos visibles en la maduración y calidad organoléptica.

### 2.5.5. Recubrimientos comestibles

El empleo de embalajes o envolturas comestibles para la protección de alimentos se practica de forma empírica desde hace mucho tiempo. La envoltura de protección de frutas y verdura frescas necesita una cierta permeabilidad al oxígeno y sobre todo al anhídrido carbónico. Por lo tanto el control de la respiración de las frutas debe ser a menor costo por el acondicionamiento del almacenamiento. Las películas protectoras deben de presentar buenas propiedades barrera a la humedad, el control del contenido de agua y de la actividad de agua de un alimento, condiciona su estabilidad microbiológica y físico-química así sus características organolépticas. Los recubrimientos comestibles se definen como productos comestibles que se envuelven el producto, creando una barrera semipermeable a gases ( $O_2$  y  $CO_2$ ) y vapor de agua.

En general, los recubrimientos comestibles están compuestos de ceras naturales, polisacáridos y proteínas, formando un envase ideal desde el punto de vista medioambiental, puesto que son biodegradables y pueden ser consumidos con el producto. Además en el futuro, los recubrimientos comestibles podrían reducir la necesidad de refrigeración y el coste de almacenamiento por el uso de atmósferas controladas (CA por sus siglas en inglés). Los recubrimientos comestibles pueden aplicarse en forma de finas capas de material alrededor (y en algunos casos “dentro”) de los alimentos mediante inmersión, pulverización o envolturas, con el fin de ofrecer una barrera selectiva a la transmisión de gases, vapor de agua y otros solutos y también para proteger al alimento (Pérez *et al.*, 2010).

Ventajas que se tienen al aplicar cubiertas:

- 1) Reducir el proceso de transpiración y respiración.
- 2) Aumentar la vida de anaquel.
- 3) Resaltar el brillo de frutas mejorando su apariencia.
- 4) Sellar cicatriz que queda al desprender el fruto del pedúnculo.
- 5) Sellar en caso de que tenga algunas lesiones y rasguños en la superficie de la fruta.

Desventajas que se tienen al aplicar cubiertas:

- 1) Aumenta la pudrición al atrapar al microorganismo patógeno en rajaduras y lesiones.
- 2) Crean una atmosfera interna, baja en O<sub>2</sub> y alta en CO<sub>2</sub> dando malos sabores a los productos. (Pantastico, 1979).

## **2.6. Aplicación de ceras en frutas y hortalizas**

La aplicación de ceras comestibles se ha vuelto una técnica muy eficiente para usarse como estrategia en la postcosecha de frutas y hortalizas, en las cuales ha presentado buenos resultados con respecto a su calidad es por eso que varios investigadores han tratado de descubrir nuevas maneras para el uso de dichas ceras de acuerdo a esto se citan varias investigaciones con la aplicación de ceras comestibles.

El encerado de hortalizas de fruto inmaduro, tales como pepinos y calabacitas, o de hortalizas maduras, tales como berenjenas, pimientos y tomates, es una práctica común. Las ceras alimentarias se usan para restituir algunas de las ceras naturales que se eliminaron con las operaciones de lavado y limpieza, ayudando a reducir la pérdida de agua durante el manejo y comercialización. Si el producto se encera, se deberá dejar que seque completamente antes de una manipulación ulterior.

La demanda para reducir químicos en el proceso de frutos y vegetales, ha orientado a la búsqueda de sustancias naturales que reduzcan el ataque microbiano y la oxidación. El uso de películas comestibles y recubrimientos para la protección y preservación de los alimentos tiene algunas ventajas; es un producto biodegradable y no contamina (Tharanathan, 2003), prolongan la vida de anaquel y protege al alimento del ataque microbiano (Quintavalla y Vinici, 2002), su capacidad para retardar la humedad, el oxígeno, los aromas, y el transporte de solutos, puede mejorarse con la inclusión de aditivos tales como antioxidantes, antimicrobianos, colorantes, sabores, fortificadores de nutrientes y especias en la formulación de la película (Pranoto *et al.*, 2005).

Del Valle *et al.* (2005), comprobó la eficiencia de una película comestible de mucilago de nopal como recubrimiento en fresas (*Fragaria ananassa*), observó el incremento de vida útil sin afectar el color y sabor del alimento.

La aplicación de extracto de nopal solo o combinado con alguna cera como recubrimiento presenta de manera general un menor deterioro de los frutos de la calabacita 'Zucchini' en su vida de postcosecha (Maldonado, 2010).

Martínez (2003) menciona que la concentración de 31.25% de polímeros de Agrofilm permitió mantener el color prematuro del fruto (verde – amarillo) en guayaba así como su firmeza se mejoró notablemente y se mantuvo durante 40 días del experimento.

Valle *et al.*, (2008) crearon una película comestible para frutos en CA basada en goma arábica (GA), carboximetilcelulosa (CMC) y glicerol (GL), donde presentó un potencial adecuado para uso en conservación de frutos mediante sistemas de atmósfera modificada. El cambio de las

concentraciones en GA, CMC y GL permitió regular las permeabilidades a O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, modificar sus propiedades mecánicas y obtener capacidad de transmisión de luz mayor a 80%.

Los frutos de limón mexicano tratados con el recubrimiento de quitosano (cera de abeja y cera de candelilla) al 1: 0.2 – 1:1 sometidos a 10 °C con 93% de H.R, lograron reportar a las 24 días de almacenamiento un contenido de jugo, grados Brix, y acidez titulable no afectado adversamente obteniéndose además una reducción de la pérdida fisiológica de peso del 24.8% con respecto a una fórmula comercial (Pérez *et al.*, 2010).

En mandarinas “Fortune” la utilización de recubrimientos formulados con hidroxipropilmetil celulosa y cera de abejas al 60% en base seca y con un contenido en sólidos totales del 4% alargan la vida útil de las frutas al reducir su deshidratación sin alterar su calidad organoléptica. También en ciruelas “Angelino” estos recubrimientos han reducido de manera significativa las alteraciones fisiológicas manteniendo su textura en postcosecha (Pérez *et al.*, 2010).

La aplicación de ceras (carnauba, abeja y candelilla), como recubrimiento se comportan muy similar a las ceras sintéticas, ya que mantienen la calidad de la calabacita ‘Zucchini’ en la vida de postcosecha (Pereyra, 2010).

La cera de candelilla y ácido elálgico tratado en manzanas ‘Golden Delicious’ demostró una buena calidad. Se disminuye la pérdida de peso sin causar alteraciones visibles en los frutos. Se obtuvo una menor pérdida de peso en la manzana con la adición de ácido elálgico, sin embargo no se encontró diferencia en la concentración (cera de candelilla 0.5 a 2.5% y de ácido elálgico 0 a 0.02%), así que se

selecciono la de menor concentración. La cubierta seleccionada fue; 0.01% de ácido elálgico y 1.5% de cera de candelilla (Saucedo *et al.*, 2010).

Aquino *et al.*, (2009) utilizaron una película comestible para inhibir el oscurecimiento durante el deshidratado de plátano Roatán (*Musa cavendish*), usando una solución de mucilago de nopal (*Opuntia indica*) combinado con diferentes concentraciones de ácido cítrico y bisulfito de sodio.

Pérez *et al.*, (2003) mencionan que la aplicación de ceras comestibles (fría o caliente) en melón Cantalupe permiten mantener mejores características de calidad (firmeza, composición química y apariencia) después de nueve días a condiciones de mercado (20 °C ; 60 – 65 % HR) o a seis días a 20 °C después de 20 días 1 °C; no obstante el tratamiento con cera caliente (55 °C/ 3 minutos de inmersión) se manifiesta como una alternativa viable para el control de algunos microorganismos causantes de pudriciones en los frutos del melón.

Las ceras naturales como carnauba, abeja, candelilla y polímeros resultan eficaces en la reducción de pérdida de peso, en el mantenimiento de firmeza y no provocan cambios importantes que puedan producir alteraciones en el sabor de la calabacita 'Zucchini', los polímeros que se pueden utilizar en el fruto en la fase de almacenamiento y vida de anaquel son de gran beneficio por que pueden retardar la maduración y el envejecimiento (Constantino, 2011).

Bosquez-Molina *et al.*, (2003) reporta el uso de cera de candelilla y goma de mezquite como cubierta comestible la que mejoran la apariencia de los frutos ya que proporcionan un brillo más alto, en el caso de las frutas del climáticos, como las frutas cítricas, la

disminución en la proporción de transpiración esto es importante porque cuando la pérdida de agua acelera el envejecimiento y reduce su vida de postcosecha drásticamente. También se puede adicionar otros componentes a las cubiertas (Gómez-Estaca *et al*, 2009) como el extracto de orégano y romero a una película logrando determinar la cantidad de fenoles que desprende cada cubierta, por lo que puede resultar una nueva alternativa de uso de la cera.

## **2.7. Cera de candelilla**

La mayoría de los constituyentes de las ceras de Candelilla son componentes naturales que se encuentran en los vegetales y en las frutas. Su composición química se caracteriza por un alto contenido de hidrocarburos y una cantidad relativamente baja de esteres volátiles. Su contenido de resina puede llegar hasta 40% en peso, lo cual contribuye a sus propiedades adhesivas. Pueden endurecer otras ceras sin aumentar significativamente el punto de fusión de la mezcla.

La cera de candelilla es de origen vegetal. Es quebradiza, dura y con facilidad de pulverizarse. Presenta apariencia opaca cuando no es refinada. Su color varía desde café claro hasta amarillo, dependiendo del grado de refinación y blanqueo. Su superficie puede alcanzar altos niveles de brillo al ser refinada, siendo esta una de las propiedades más apreciadas en la cera para diversas aplicaciones de especialidad. Puede disolver muy bien los colorantes básicos. Es insoluble en, pero altamente soluble en acetona, cloroformo, benceno y otros solventes orgánicos (Instituto de la candelilla, 2010).

**Cuadro 1.** Composición Química de la Cera de Candelilla.

<b>% Peso</b>	<b>Cruda</b>	<b>Refinada</b>
Ácidos libres	7	7
Alcoholes libres	13	14
Diésteres	9	0
Esteres ácidos	10	0
Esteres hidroxilados	8	8
Esteres simples	2	21
Hidrocarburos	46	57

Fuente: Instituto de la Candelilla 2010

## **2.8. Cera de carnauba**

Es un ingrediente indispensable para el encerado de frutas y hortalizas, tratados en la época de postcosecha para alargar su vida además sirve como bactericida y fungicidas.

La carnauba evita la pérdida de la humedad natural de la piel y actúa como buen acondicionante y para la obtención de brillos. Combina con dureza con resistencia al desgaste. Su punto de fusión es de 78 a 86 °C el más alto entre las ceras naturales.

Es un ingrediente indispensable en la elaboración de ceras al agua o emulsificadas para el encerado de frutas (manzana, cítricos, pepinos plátanos y otras) en los tratamientos de postcosecha para alargar su vida de anaquel y conservar su apariencia y lozanía, esto es debido a que disminuye la transpiración y por ello inhibe en ciertos grados la deshidratación, al mismo tiempo que ayuda a preservar de hongos, bacterias, etc. (Moreno, 2010).

**Cuadro 2.** Composición Química de la Cera de Carnauba.

<b>Componente Químico</b>	<b>% de Peso</b>
Ácidos libres	3.3 – 5
Alcoholes y resinas	6 – 9
Esteres	84 – 85
Hidrocarburo	1.5 – 3
Humedad	0.5 – 1.5
Residuos inorgánicos	1

Fuente: Multiceras, 2010

### **2.9. Mucilago de nopal**

El mucilago de nopal es un polímero compuesto por polisacáridos semejante a las pectinas, ésta propiedad así como sus características reológicas le dan un potencial como materia prima para la elaboración de películas plásticas comestibles (Arizmendi, 2004).

El mucílago del nopal es un polisacárido fibroso, altamente ramificado, cuyo peso molecular oscila alrededor de  $13 \times 10^6$  g/mol. Contiene aproximadamente de 35 a 40 % de arabinosa, 20 a 25% de galactosa y xilosa cada una, y de 7 a 8% de ramnosa y ácido galacturónico cada uno. Además:

- 1) El mucílago de nopal se considera importante para la industria de alimentos debido a sus propiedades de viscosidad.
- 2) Tiene la capacidad de formar redes moleculares y retener fuertemente grandes cantidades de agua.
- 3) Modificar propiedades como viscosidad, elasticidad, textura, retención de agua.
- 4) Es un buen gelificante, espesante, y emulsificante.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación del experimento**

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Postcosecha ubicado dentro del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” que se sitúa al sur de la ciudad en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, comprendido entre las coordenadas geográficas 101° 1´ 33’’ de longitud Oeste y 25° 20´ 57’’ latitud Norte del meridiano de Greenwich, con una altitud de 1743 m.s.n.m.

#### **3.2. Material vegetativo**

Se utilizó en el experimento tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) tipo Saladette que se obtuvo de un invernadero en el municipio de Arteaga, Coah.

#### **3.3. Descripción de los tratamientos**

Los tratamientos se elaboraron con 1, 2 y 3 g de cera de carnauba y candelilla más extracto de nopal obtenido por cocimiento, reposo y por molido se muestran en el Cuadro 3. Cada mezcla de cera y nopal se disolvió en 0.5 L de agua en un vaso de precipitados y con la ayuda de un agitador marca Thermolyne Cimarec se uniformizaron dichas soluciones, posteriormente se aforaron con la ayuda de un matraz de aforación a 1 L y por último fueron vaciadas en contenedores donde los frutos de tomate fueron impregnados.

El nopal cocido se elaboró con 750 g de nopal libre de plagas y enfermedades colectado en instalaciones de la U.A.A.A.N. el cual fue pelado, cortado en trozos y cocido en 1 litro de agua hasta que el

material vegetal cambio de color. El nopal reposado por su parte se elaboró con 750 g de nopal en trozos los cuales fueron colocados en un recipiente con 1 litro de agua y se dejaron por un periodo de 24 horas. Finalmente el nopal molido se obtuvo colocando 750 g de nopal en trozos con 1 litro de agua en una licuadora en donde fue molido hasta alcanzar una consistencia líquida.

**Cuadro 3.** Tratamientos a base de cera de candelilla y carnauba más mucilago de nopal obtenido por tres formas de extracción diferentes.

<b>No. de tratamiento</b>	<b>Descripción</b>
Testigo (1)	Sin cera ni extracto de nopal
2	Sin extracto de nopal 1 g de C + C
3	2 g de C + C
4	3 g de C + C
5	Con extracto de nopal cocido 1 g de C + C
6	2 g de C + C
7	3 g de C + C
8	Con extracto de nopal reposado 1 g de C + C
9	2 g de C + C
10	3 g de C + C
	Con extracto de nopal molido
11	1 g de C + C + NM
12	2 g de C + C + NM
13	3 g de C + C + NM

Simbología: C; candelilla, C; carnauba, NC; nopal cocido, NR; nopal reposado, NM; nopal molido.

### **3.4. Metodología experimental**

El 15 de noviembre del 2012 se cosecharon tomates en estado verde maduro en un invernadero ubicado en el Municipio de Arteaga, Coahuila los cuales fueron trasladados al laboratorio de postcosecha de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro donde se estableció un experimento tres días después de la cosecha. Se evaluaron en total 670 frutos bien desarrollados sin ningún daño físico ni biológico y libre de algún tratamiento con cera. Posteriormente se concentraron en 13 grupos de 50 tomates cada uno, luego se marcaron con la ayuda de un plumón, consecutivamente se registraron los pesos de cada fruto, al término de esto se les aplico los tratamientos que se muestran en el Cuadro 3 por inmersión con una duración de 30 segundos para cada uno de estos. Después se dejaron secar en las mesas del laboratorio donde permanecieron a temperatura ambiente entre 15 y 20 °C y a una humedad relativa promedio a 50% durante 24 días. En este periodo se realizaron seis evaluaciones, una inicial a los tres días después de la cosecha cuando se monto el experimento y cinco posteriores a los 8, 11, 15, 22 y 24 días después de la cosecha.

### **3.5. Parámetros evaluados**

Con el propósito de estudiar la calidad del tomate en la postcosecha con el efecto del mucilago de nopal y en relación a la concentración de cera administrada, se realizaron cinco evaluaciones donde se consideraron las variables pérdida de peso, pérdida de firmeza, color, contenido de ácido cítrico y vida de anaquel.

#### **3.5.1. Pérdida de peso**

Esta variable se obtuvo utilizando en método gravimétrico donde se

pesó cada fruto de tomate con una balanza eléctrica de presión (OHAUS SCOUT) con capacidad de 400 g. Se obtuvo una lectura al inicio del experimento en gramos y cinco lecturas posteriores a los 8, 11, 15 22 y 25 días después de la cosecha, además se obtuvo la diferencia entre la lectura inicial y la lectura de cada evaluación para cada una de las repeticiones y de los tratamientos.

### 3.5.2. Pérdida de firmeza

La firmeza se obtuvo con la ayuda de un Penetrómetro manual en  $\text{kg/cm}^2$  (EFFGI modelo FT 327) donde se utilizó una puntilla de 8mm con su soporte para así ejercer una fuerza uniforme. Como la firmeza se obtuvo por el método destructivo, se tuvieron que multiplicar el número de repeticiones por cinco (50 repeticiones) ya que en cada evaluación se desechaban 10 frutos. La pérdida de firmeza se obtuvo por diferencia entre la lectura inicial y la lectura en cada evaluación.

### 3.5.3. Color

Esta variable se obtuvo con la ayuda de un colorímetro Marca Minolta CR300 que utiliza el método colorimétrico CIELAB (1976) donde se obtuvieron lecturas tridimensionales de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  donde el valor  $L$  corresponde a la luminosidad y presenta una escala de valores de 0 a 100 donde cero es una oscuridad total u opacidad y 100 corresponde al blanco o máxima brillantes. Por su parte los valores  $a^*$  y  $b^*$  son coordenadas que ubican en color de un objeto en un diagrama de cromaticidad donde  $a$  (+) indica el color rojo,  $a$  (-) indica el color verde,  $b$  (+) indica el color amarillo,  $b$  (-) indica el color azul.

#### 3.5.4. Determinación de ácido cítrico

Para determinar el contenido de ácido cítrico se utilizó el método de acidez titulable. Para ello con un extractor de jugos se obtuvo todo el jugo de cada fruto a evaluar y luego tomaron tres pequeñas muestras de 10 ml de jugo a las cuales se les agregó tres gotas de fenolftaleína e hidróxido de sodio a 0.1 normal para después proceder a titular cada muestra. Para el cálculo de esta variable se utilizó la fórmula que se muestra a continuación:

$$\% \text{ de ácido} = \frac{\text{ml de NaOH gastados} * \text{N del NaOH} * \text{meq del ácido} * 100}{\text{Alícuota valorada}}$$

#### 3.5.5. Vida de anaquel

En esta variable se determinó contando los días en los cuales el fruto se encontraba todavía apto para su consumo.

### **3.6. Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado fue el diseño completamente al azar (DCA) con trece tratamientos y diez repeticiones por tratamiento donde la unidad experimental estuvo conformada por un fruto.

### **3.7. Análisis estadísticos**

Los análisis estadísticos que se realizaron fueron dos, uno que correspondió a un análisis de varianza ( $P \leq 0.05$ ) y a una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey ( $P = 0.05$ ). Las variables pérdida de peso y pérdida de firmeza sufrieron transformación por raíz

cuadrada para bajar el coeficiente de variación. Los datos fueron analizados con el programa computacional estadístico SAS.

### 3.7.1. Modelo estadístico

El modelo lineal propuesto para este diseño fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = variable observada

$\mu$  = media general

$T_i$  = efecto de tratamiento

$E_{ij}$  = error experimental

$i = 1, 2, \dots, n$  tratamientos

$j = 1, 2, \dots, n$  repeticiones

## IV. RESULTADOS

Una vez realizado el experimento y los análisis de varianza ( $P \leq 0.05$ ) y comparación de medias por el método de Tukey ( $P = 0.05$ ), se encontró que la aplicación de cera de candelilla y carnauba más extracto de nopal obtenido por cocimiento, reposo o molido, afectaron las variables de calidad en la postcosecha de tomate Saladette como se puede apreciar a continuación:

### **Pérdida de peso**

La aplicación de los tratamientos redujo significativamente la pérdida de peso en tomate Saladette como se puede apreciar en el Cuadro 4 y Figura 1. En las cinco evaluaciones que se realizaron a los 8, 11, 15, 22 y 24 días después de la cosecha, se observó diferencia estadística significativa, es decir que la cera de candelilla más carnauba independientemente del método de extracción de alguna forma redujo o incrementó la pérdida de peso en los frutos de la variedad de tomate estudiada. Se observó a los ocho días de haber realizado la cosecha que el tratamiento formulado con 1 g de cera de candelilla y carnauba mas el extracto de nopal molido redujo 18.5 % (0.32 g) la pérdida de peso comparado con el testigo. A los once días este mismo tratamiento mostro una pérdida de 1.61 g que representó un 19.41 (0.39 g) comparado con el testigo. A los quince días el tratamiento formulado con 2 g de cera de candelilla y carnauba mas el extracto de nopal obtenido por reposo tuvo una pérdida del 13.43% (0.26 g) comparado con el testigo. Mientras que a los veintidós días el tratamiento con 2 g de ceras mas el extracto de nopal reposado perdió 8.62% (0.204 g) peso comparación con el testigo. Por último a los veinticuatro días el mismo tratamiento mostró una pérdida de 18.11% (0.5 g) en promedio

comparado con el testigo. De lo anterior podemos decir que el tratamiento más efectivo para reducir la pérdida de peso fue el tratamiento formulado con 2 g de cera de candelilla más carnauba y nopal reposado.

**Cuadro 4** Valores medios para la variable pérdida de peso en la postcosecha de tomate Saladette obtenidos en cinco fechas de evaluación.

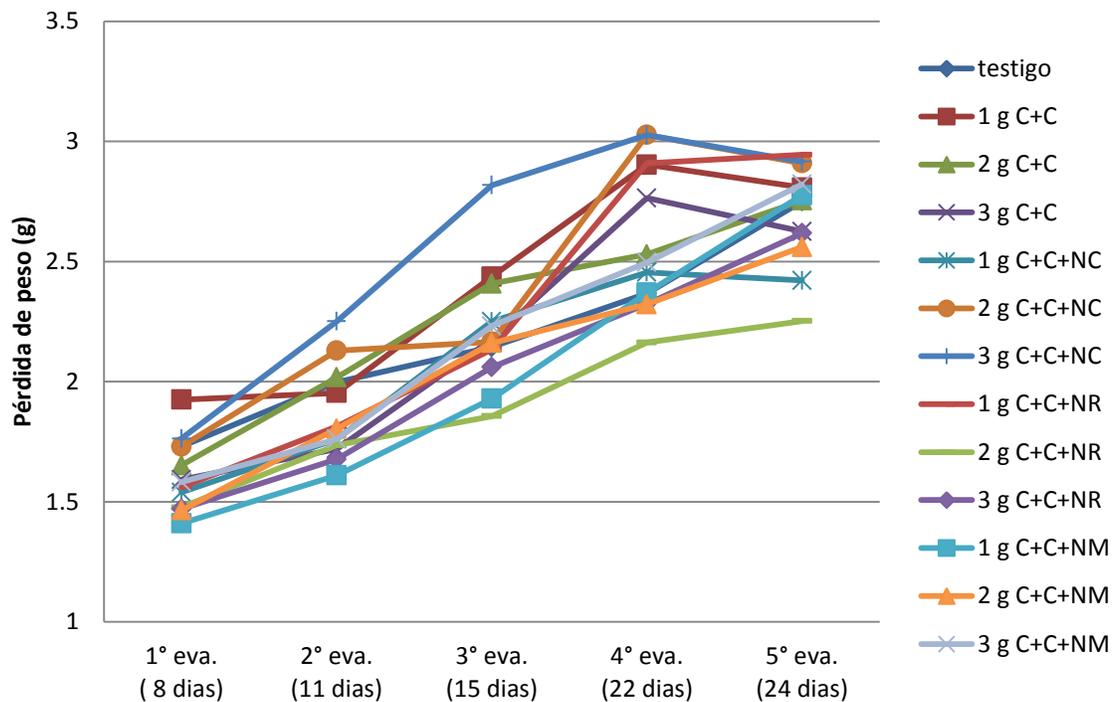
Extracto y concentración de cera	Días después de la cosecha				
	8	11	15	22	24
<b>Testigo</b>	1.730 ab <sup>€</sup>	1.998 abc	2.144 bc	2.367 ab	2.750 ab
<b>Sin extracto</b>					
1 g de C+C <sup>¥</sup>	1.925 a	1.953 abc	2.437 ab	2.903 a	2.808 ab
2 g de C+C	1.652 ab	2.018 abc	2.408 ab	2.530 ab	2.754 ab
3 g de C+C	1.592 ab	1.720 bc	2.177 bc	2.764 ab	2.625 ab
<b>Nopal Cocido</b>					
1 g de C+C	1.539 ab	1.761 bc	2.250 bc	2.455 ab	2.421 ab
2 g de C+C	1.730 ab	2.129 ab	2.166 bc	3.027 b	2.909 ab
3 g de C+C	1.763 ab	2.251 a	2.818 a	3.026 a	2.916 ab
<b>Nopal Reposado</b>					
1 g de C+C	1.561 ab	1.814 abc	2.134 bc	2.909 a	2.944 a
2 g de C+C	1.477 b	1.735 bc	<b>1.856 c</b>	<b>2.163 b</b>	<b>2.252 b</b>
3 g de C+C	1.470 b	1.677 c	2.060 bc	2.324 ab	2.618 ab
<b>Nopal Molido</b>					
1 g de C+C	<b>1.410 b</b>	<b>1.610 c</b>	1.929 bc	2.370 ab	2.776 ab
2 g de C+C	1.464 b	1.804 bc	2.161 bc	2.322 ab	2.560 ab
3 g de C+C	1.582 ab	1.761 bc	2.232 bc	2.496 ab	2.822 ab
<b>C.V.</b>	18.24	15.60	15.74	18.61	16.78
<b>D.M.S.</b>	0.444	0.440	0.530	0.729	0.687

<sup>€</sup> Valores con las mismas letras de la columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey y una  $P \leq 0.05$ ;

<sup>¥</sup> **C+C**= candelilla + carnauba; C.V.: coeficiente de variación; D.M.S= diferencia mínima significativa.

En la Figura 1 se aprecia el comportamiento de la pérdida de peso del tomate Saladette al cual se le aplicó cera de carnauba y candelilla más extracto de nopal como recubrimiento a los 24 días después de la cosecha. Se observa que algunos tratamientos como aquel donde se

aplicó 3 gr de cera con extracto de nopal cocido y un gramo de cera con nopal molido y reposado presentaron una mayor pérdida de peso comparado con el testigo y con el mejor tratamiento que fue el formulado con 2 g de cera de candelilla más nopal reposado.



**Figura 1.** Comportamiento de la pérdida de peso durante la postcosecha en tomate Saladette tratado con un recubrimiento de cera de candelilla y carnauba (C+C) más extracto de nopal cocido (NC), nopal reposado (NR) y nopal molido (NM) a los 24 días después de la cosecha.

## **Pérdida de Firmeza**

Conforme al Cuadro 5 y Figura 2 se puede apreciar que la aplicación de los tratamientos redujo la pérdida de firmeza en tomate Saladette. En las cinco evaluaciones que se realizaron, no se observó diferencia significativa a los 11, 22 y 24 días después de la cosecha sin embargo si se observaron diferencias numéricas, mientras que para las evaluaciones realizadas a los 8 y 15 días sí se observaron diferencias estadísticas.

Es decir que la cera de candelilla más carnauba independientemente del método de extracción de alguna forma redujó o incrementó la pérdida de firmeza en los frutos de la variedad de tomate estudiada. Se observó a los ocho días que el tratamiento siete con 3 g de ceras más el extracto de nopal cocido redujo 11.77% ( $0.14 \text{ Kg/cm}^2$ ) la pérdida de firmeza comparado con el testigo. Mientras que a los once días, el tratamiento con 2 g de ceras más el extracto de nopal reposado redujo 18.13% ( $0.25 \text{ Kg/cm}^2$ ) la pérdida de firmeza comparado con el testigo. Por otro lado a los quince días este mismo tratamiento redujo 35.19% ( $0.52 \text{ Kg/cm}^2$ ) la pérdida de firmeza comparado con el testigo. En cuanto a los veintidós días el tratamiento con 3 g de ceras más el extracto de nopal molido redujo 14.36% ( $0.22 \text{ Kg/cm}^2$ ) la pérdida de firmeza comparado con el testigo.

Conforme a los veinticuatro días, el tratamiento con 2 g de ceras más el extracto de nopal reposado redujo 16.43% ( $0.26 \text{ Kg/cm}^2$ ) la pérdida de firmeza comparado con el testigo. De lo anterior podemos decir que el tratamiento más efectivo evitar la pérdida de firmeza fue el tratamiento formulado con 2 g de cera de candelilla más carnauba y nopal reposado.

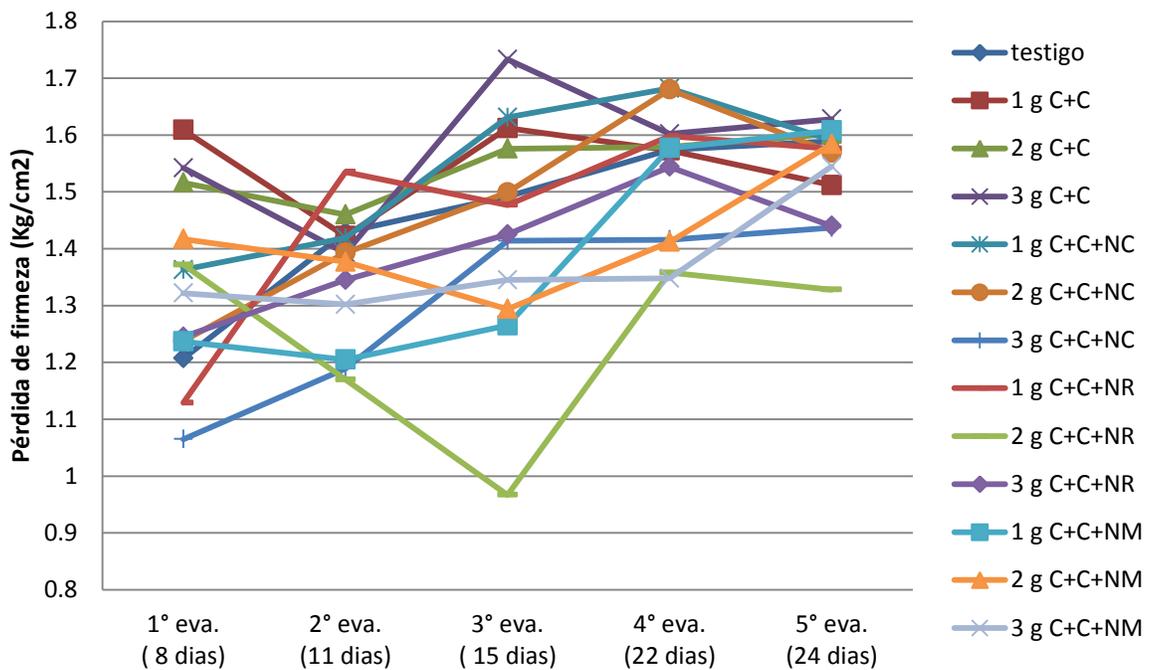
**Cuadro 5** Valores medios para la variable pérdida de firmeza en la postcosecha de tomate Saladette obtenidos en cinco fechas de evaluación.

Extracto y concentración de cera	Días después de la cosecha				
	8	11	15	22	24
<b>Testigo</b>	1.207 ab <sup>€</sup>	1.429 a	1.492 ab	1.574 a	1.589 a
Sin extracto					
1 g de C+C <sup>¥</sup>	1.609 a	1.422 a	1.612 ab	1.573 a	1.512 a
2 g de C+C	1.516 ab	1.460 a	1.576 ab	1.579 a	1.502 a
3 g de C+C	1.542 ab	1.392 a	1.733 a	1.602 a	1.628 a
<b>Nopal Cocido</b>					
1 g de C+C	1.363 ab	1.419 a	1.631 ab	1.682 a	1.591 a
2 g de C+C	1.238 ab	1.393 a	1.499 ab	1.680 a	1.569 a
3 g de C+C	<b>1.065 b</b>	1.189 a	1.414 abc	1.416 a	1.437 a
<b>Nopal Reposado</b>					
1 g de C+C	1.129 ab	1.535 a	1.477 ab	1.598 a	1.576 a
2 g de C+C	1.372 ab	1.170 a	<b>0.967 c</b>	1.358 a	1.328 a
3 g de C+C	1.245 ab	1.345 a	1.425 ab	1.544 a	1.440 a
<b>Nopal Molido</b>					
1 g de C+C	1.237 ab	1.205 a	1.265 bc	1.577 a	1.608 a
2 g de C+C	1.417 ab	1.377 a	1.294 abc	1.412 a	1.584 a
3 g de C+C	1.322 ab	1.302 a	1.345 abc	1.348 a	1.545 a
<b>C.V.</b>	24.93	21.40	20.86	16.88	17.13
<b>D.M.S.</b>	0.5007	0.4394	0.4546	0.3918	0.397

<sup>€</sup> Valores con las mismas letras de la columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey y una P≤0.05;

<sup>¥</sup> C+C= candelilla + carnauba; C.V.: coeficiente de variación; D.M.S= diferencia mínima significativa.

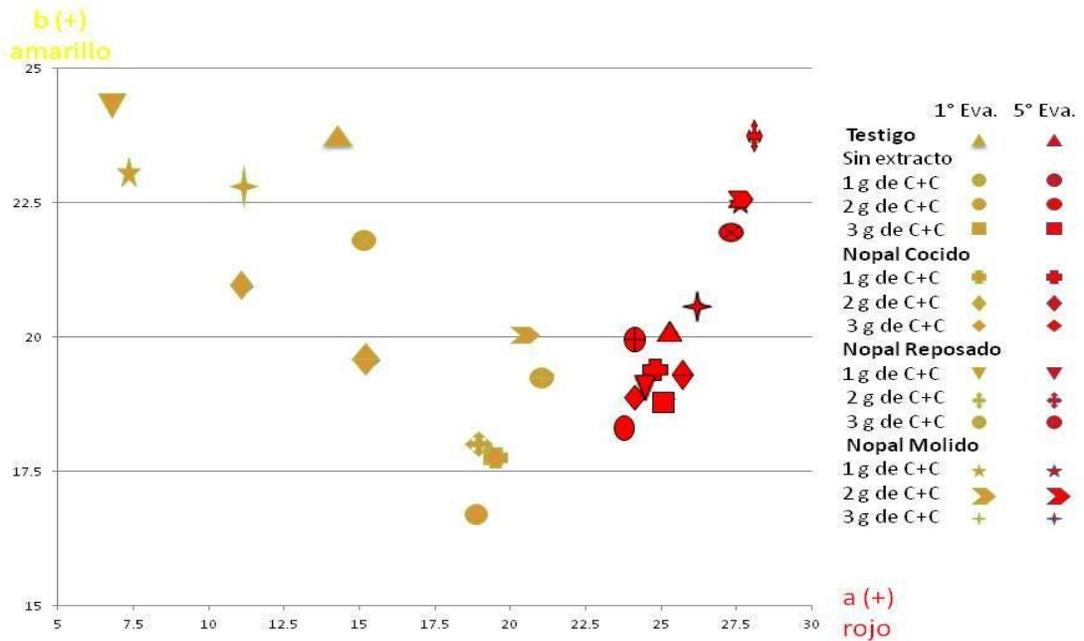
En la Figura 2 se puede observar el comportamiento de la pérdida de firmeza del tomate Saladette en diferentes tratamientos durante cinco evaluaciones, en donde se observa que el testigo fue superado por el tratamiento ocho con 1 g de ceras mas el extracto de nopal reposado, el cual tuvo 0.447 Kg/cm<sup>2</sup> de pérdida de firmeza, mientras que el testigo tuvo 0.382 Kg/cm<sup>2</sup> de perdida. En cuanto a los demás tratamientos se comportaron por debajo del testigo, siendo el mejor tratamiento el nueve con 2 g de ceras más el extracto de nopal reposado el cual tuvo una pérdida de firmeza de 0.044 Kg/cm<sup>2</sup> durante los veinticuatro días de su postcosecha.



**Figura 2** Comportamiento de pérdida de firmeza en tomate Saladette por efecto de los tratamientos en cinco evaluaciones realizadas durante su postcosecha.

## Color

En la Figura 3 se muestra el comportamiento del color en tomate Saladette, como al principio tenían un color rayado y con el transcurso del tiempo adquirió un color rojo característico del tomate Saladette.



**Figura 3** Comportamiento del color en tomate saladette por efecto de los tratamientos durante su vida de anaquel.

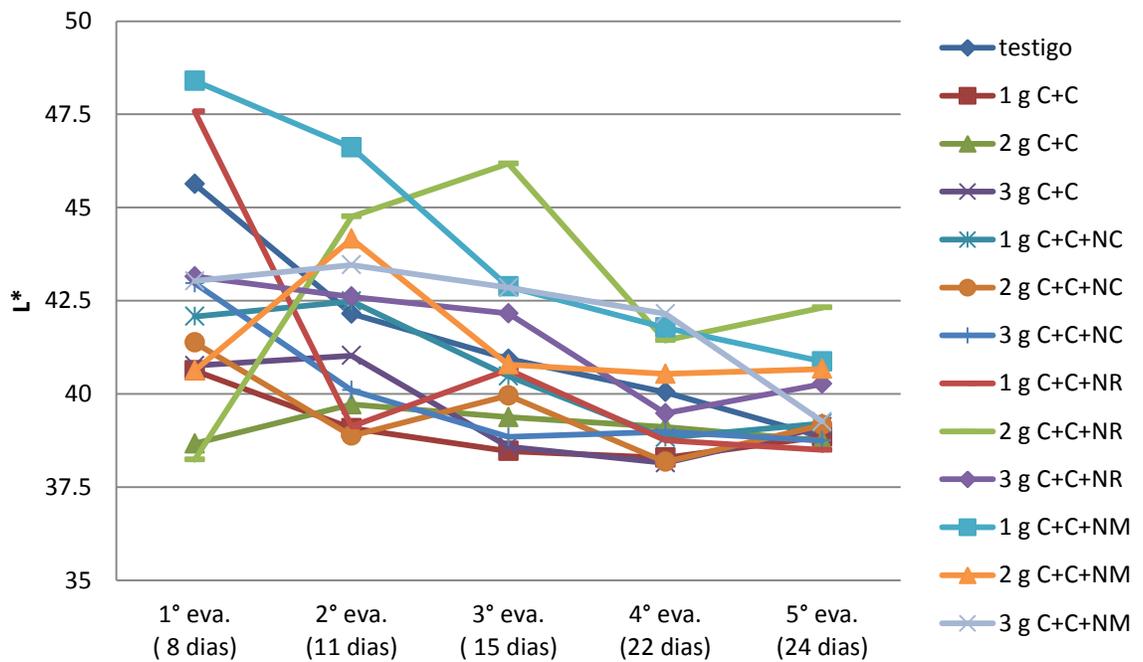
De acuerdo al cuadro 6 de la comparación de medias de la variable determinación del comportamiento de color en tomate Saladette se encontró, que de acuerdo a las cinco evaluaciones se manifiesta que el mejor tratamiento fue el de la concentración de 2 g de ceras mas el extracto de nopal reposado, el cual tuvo una mejor luminosidad, mejor color que el testigo. Ya que todos los tratamientos llegaron hasta la quinta evaluación, aunque el mejor tratamiento fue el nueve antes mencionado.

**Cuadro 6** Comparación de medias de Tukey de la variable color en tomate saladet sobre cinco evaluaciones en su postcosecha.

Extracto y concentración de cera	Días después de la cosecha														
	L*	8 a*	b*	L*	11 a*	b*	L*	15 a*	b*	L*	22 a*	b*	L*	24 a*	b*
<b>Testigo</b>	45.63	16.74	26.18	42.15	23.06	23.2	40.94	22.26	22.41	40.05	27.19	21.32	38.85	25.93	19.58
<b>Sin extracto</b>															
1 g de C+C	40.63	23.46	21.15	39.08	21.11	19.11	38.47	22.36	17.91	38.29	22.86	18.05	38.86	24.52	19.31
2 g de C+C	38.67	20.8	18.63	39.72	22.06	19.84	39.38	23.51	19.86	39.12	24.43	20.09	38.75	23.93	18.16
3 g de C+C	40.76	22.26	20.02	41.03	19.88	20.58	38.59	24.03	19.1	38.15	23.94	18.64	39.12	25.34	19.05
<b>Nopal Cocido</b>															
1 g de C+C	42.08	22.55	21.8	42.49	20.35	21.64	40.48	22.22	20.22	38.83	24.8	18.83	39.21	24.25	19.1
2 g de C+C	41.38	17.48	21.38	38.88	22.27	18.62	39.96	25.77	21.01	38.18	23.93	19.17	39.17	25.29	20.07
3 g de C+C	42.97	13.66	23	40.1	22.25	19.49	38.85	22.81	19.03	38.99	25.11	20.11	38.75	24.41	18.95
<b>Nopal Reposado</b>															
1 g de C+C	47.58	9.09	26.87	39.13	23.07	19.52	40.65	22.52	20.65	38.76	23.93	19.33	38.5	24.58	19.3
2 g de C+C	38.24	21.64	19.87	44.76	19.26	25.25	46.18	19.65	27.3	41.44	27.46	23.73	42.32	28.13	23.68
3 g de C+C	43.15	17.45	23.94	42.61	21.28	22.93	42.16	21.61	21.82	39.48	26.51	21.42	40.27	27.36	21.89
<b>Nopal Molido</b>															
1 g de C+C	48.4	5.72	26.29	46.61	16.9	26.13	42.88	24.49	24.43	41.78	25.14	23.89	40.87	27.6	22.54
2 g de C+C	40.63	23.46	21.15	44.16	16.74	23.66	40.79	24.61	21.9	40.54	27	22.88	40.67	27.54	22.47
3 g de C+C	43.03	13.26	14.68	43.46	19.24	23.38	42.85	22.62	24.26	42.15	26.28	24.21	39.26	26.39	20.65
<b>C.V.</b>	11.72	51.48	16.09	10.85	38.02	16.06	9.86	28.05	14.42	5.79	14.27	13.05	3.33	9.22	10.8
<b>D.M.S.</b>	7.54	13.63	5.52	6.87	11.83	5.29	6.1	9.74	4.69	3.47	5.45	4.12	1.99	3.6	3.32

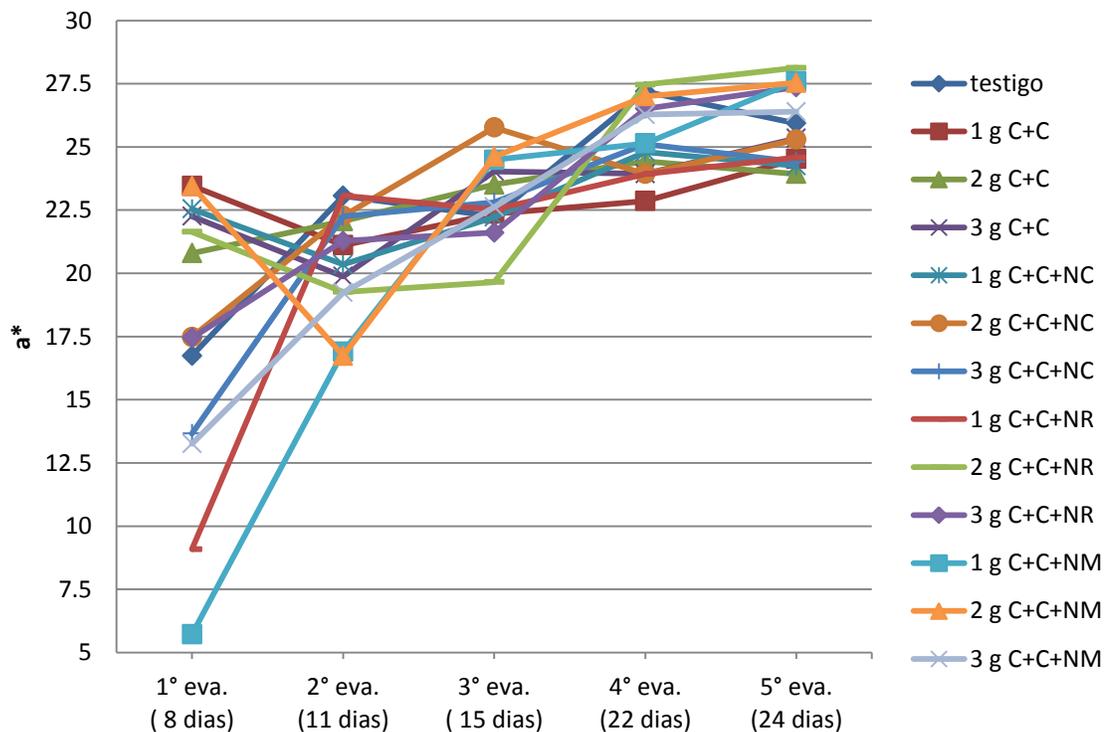
<sup>ε</sup> Valores con las mismas letras de la columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey y una  $P \leq 0.05$ ; \* **C+C**= candelilla + carnauba; C.V.: coeficiente de variación; D.M.S.= diferencia mínima significativa.

En la Figura 3 se muestra como cada uno de los tratamientos presentaban una luminosidad diferente cada uno de ellos y con el transcurso del tiempo fueron perdiendo esta luminosidad, en este experimento todos los tratamientos fueron evaluados hasta la quinta evaluación, el mejor tratamiento que conservo la mejor luminosidad en su postcosecha del tomate fue el que corresponde a una concentración de 2 g de ceras mas el extracto de nopal reposado, ya que este conservo mejor brillo a diferencia de los demás tratamientos en las cinco evaluaciones.



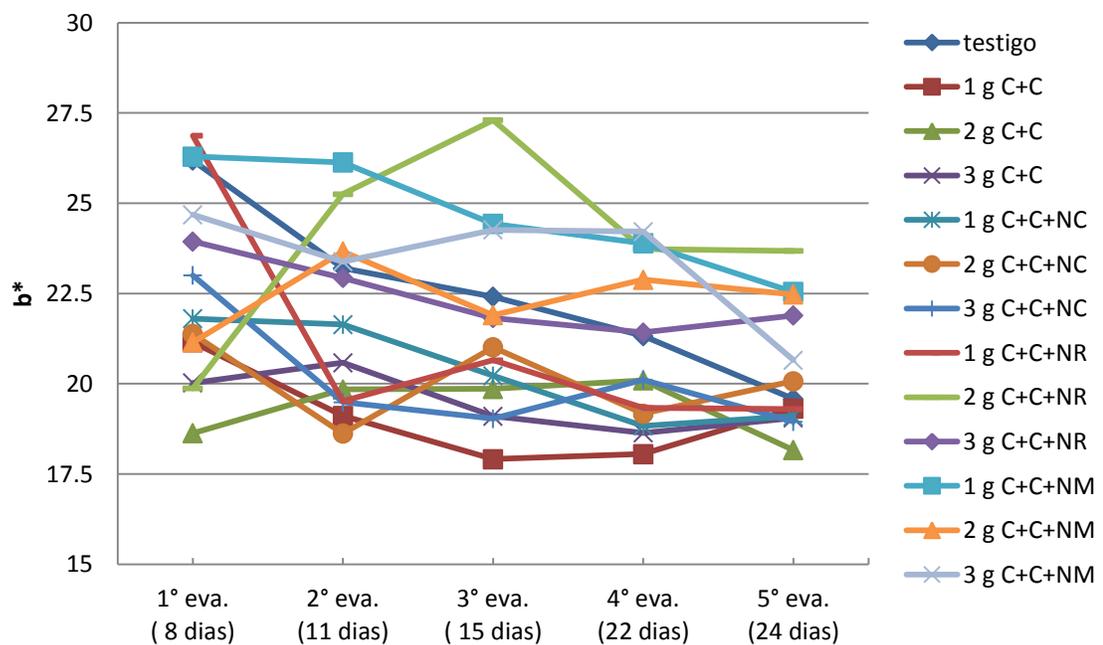
**Figura 4** Comportamiento de luminosidad en tomate saladet por efecto de los tratamientos en cinco evaluaciones realizadas durante su postcosecha.

En la Figura 4 se muestra como en la coordenada  $a^*$  cada uno de los tratamientos presentaban un color rayado diferente cada uno de ellos y con el transcurso del tiempo fueron adquiriendo un color rojo característico del tomate, en este experimento todos los tratamientos fueron evaluados hasta la quinta evaluación, el mejor tratamiento que conservo el mejor color en su postcosecha del tomate fue el que corresponde a una concentración de 2 g de ceras mas el extracto de nopal reposado, ya que este conservo mejor brillo a diferencia de los demás tratamientos en las cinco evaluaciones.



**Figura 5** Comportamiento de  $a^*$  en tomate Saladette por efecto de los tratamientos en cinco evaluaciones realizadas durante su postcosecha.

En la Figura 5 se muestra como en la coordenada  $b^*$  cada uno de los tratamientos presentaban una vista amarillo diferente cada uno y con el transcurso del tiempo fueron perdiendo esta llegar a un color amarillo más opaco, en este experimento todos los tratamientos fueron evaluados hasta la quinta evaluación, el mejor tratamiento que conservo el mejor color en su postcosecha del tomate fue el que corresponde a una concentración de 2 g de ceras mas el extracto de nopal reposado, ya que este conservo mejor brillo a diferencia de los demás tratamientos en las cinco evaluaciones.



**Figura 6** Comportamiento de  $b^*$  en tomate Saladette por efecto de los tratamientos en cinco evaluaciones realizadas durante su postcosecha.

## Contenido de ácido cítrico

De acuerdo al Cuadro 7 de la comparación de la medias de la determinación de porcentaje de ácido cítrico en tomate Saladette se encontró, que en las cinco evaluaciones que se llevaron a cabo durante veinticuatro días de postcosecha se observa que no existió significancia entre los tratamientos.

**Cuadro 7** Comparación de medias de la variable contenido de ácido cítrico en tomate Saladette en cinco evaluaciones en su postcosecha.

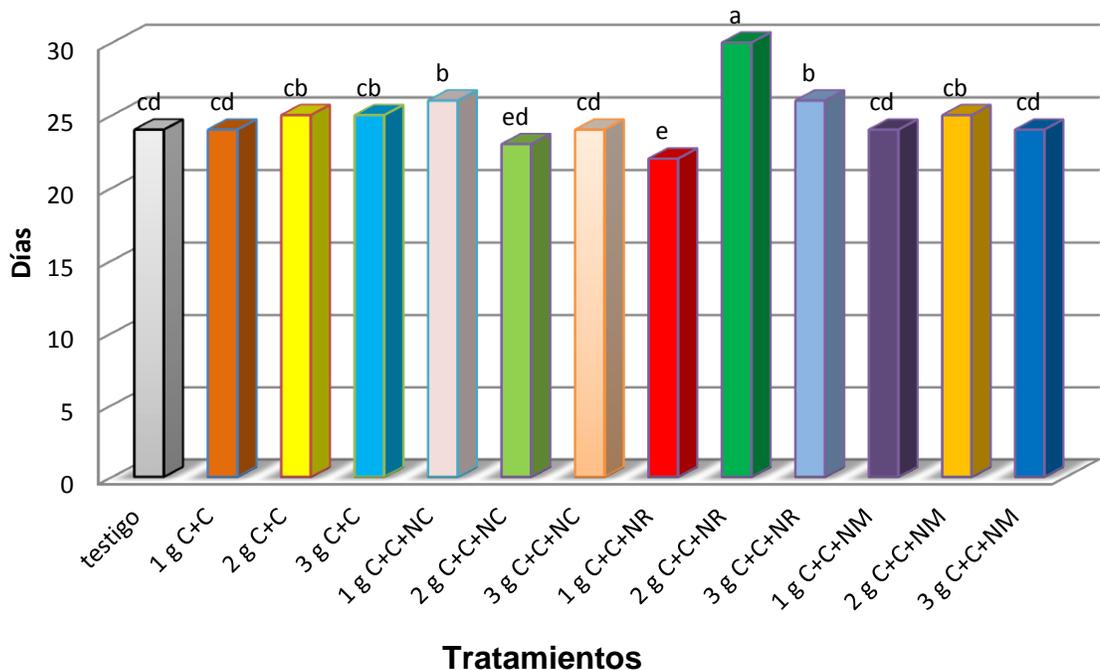
Extracto y concentración de cera	Días después de la cosecha				
	8	11	15	22	24
<b>Testigo</b>	0.293 <sup>NSE</sup>	0.264 <sup>NS</sup>	0.416 <sup>NS</sup>	0.253 <sup>NS</sup>	0.243 <sup>NS</sup>
<b>Sin extracto</b>					
1 g de C+C <sup>¥</sup>	0.253 <sup>NS</sup>	0.268 <sup>NS</sup>	0.383 <sup>NS</sup>	0.23 <sup>NS</sup>	0.211 <sup>NS</sup>
2 g de C+C	0.346 <sup>NS</sup>	0.285 <sup>NS</sup>	0.39 <sup>NS</sup>	0.253 <sup>NS</sup>	0.207 <sup>NS</sup>
3 g de C+C	0.37 <sup>NS</sup>	0.292 <sup>NS</sup>	0.356 <sup>NS</sup>	0.238 <sup>NS</sup>	0.215 <sup>NS</sup>
<b>Nopal Cocido</b>					
1 g de C+C	0.333 <sup>NS</sup>	0.355 <sup>NS</sup>	0.394 <sup>NS</sup>	0.221 <sup>NS</sup>	0.211 <sup>NS</sup>
2 g de C+C	0.333 <sup>NS</sup>	0.377 <sup>NS</sup>	0.373 <sup>NS</sup>	0.202 <sup>NS</sup>	0.183 <sup>NS</sup>
3 g de C+C	0.333 <sup>NS</sup>	0.368 <sup>NS</sup>	0.347 <sup>NS</sup>	0.234 <sup>NS</sup>	0.218 <sup>NS</sup>
<b>Nopal Reposado</b>					
1 g de C+C	0.373 <sup>NS</sup>	0.377 <sup>NS</sup>	0.364 <sup>NS</sup>	0.236 <sup>NS</sup>	0.224 <sup>NS</sup>
2 g de C+C	0.366 <sup>NS</sup>	0.441 <sup>NS</sup>	0.452 <sup>NS</sup>	0.272 <sup>NS</sup>	0.243 <sup>NS</sup>
3 g de C+C	0.31 <sup>NS</sup>	0.392 <sup>NS</sup>	0.409 <sup>NS</sup>	0.253 <sup>NS</sup>	0.237 <sup>NS</sup>
<b>Nopal Molido</b>					
1 g de C+C	0.32 <sup>NS</sup>	0.467 <sup>NS</sup>	0.42 <sup>NS</sup>	0.266 <sup>NS</sup>	0.224 <sup>NS</sup>
2 g de C+C	0.34 <sup>NS</sup>	0.477 <sup>NS</sup>	0.417 <sup>NS</sup>	0.243 <sup>NS</sup>	0.24 <sup>NS</sup>
3 g de C+C	0.31 <sup>NS</sup>	0.439 <sup>NS</sup>	0.449 <sup>NS</sup>	0.292 <sup>NS</sup>	0.218 <sup>NS</sup>

€ NS=no significativo; ¥ C+C= candelilla + carnauba.

## Vida de anaquel

De acuerdo a todos los resultados obtenido del análisis de varianza, para la variable vida de anaquel, se muestra en el cuadro 18 que se encuentra en el apartado del apéndice, que presentan diferencia significativa entre los tratamientos es decir que la aplicación de los tratamientos afecto esta variable.

En la figura 6 se muestra la vida de anaquel en días por efecto de los tratamientos aplicados en el tomate saladet, pudiendo observar que el testigo tuvo una conservación de 24 días, en comparación con el tratamiento nueve que corresponde a la dosis de 2 g de cera de candelilla y carnauba mas el extracto de nopal reposado, el cual tuvo una durabilidad de 30 días.



**Figura 7** Comparación de medias de la vida de anaquel en días por efecto de los tratamientos aplicados en el tomate Saladette.

## V. DISCUSIÓN

De acuerdo al experimento realizado se obtuvo que el mejor tratamiento para preservar el peso en frutos de tomate fue el elaborado con 2 g de cera de candelilla y carnauba más el extracto de nopal reposado ya que en 24 días logro retener la pérdida de agua y reservar nutricionales un 18.11% comparado con el testigo a quien no se le aplico ningún tipo de tratamiento. Si bien la aplicación de cera y extracto de nopal redujo en la mayor parte de los tratamientos el peso, algunos tratamientos como el ocho supero la pérdida de peso del testigo. Esto significa que no todos los tratamientos superaron al testigo como se esperaba, pero si observamos que en algunos tratamientos las ceras de candelilla y carnauba más el extracto de nopal pueden detener la pérdida de peso paulatinamente en la postcosecha esto concuerda con lo que menciona Pereyra en el 2010 en que la aplicación de ceras de carnauba, abeja y candelilla aplicadas como recubrimiento mantienen la calidad de la calabacita Zucchini en la vida de postcosecha. Así mismo Bosques en el 2003 señala que los recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla pueden prolongar la vida útil, esto en la postcosecha debido a que dicho investigador pudo lograr mejores resultados en un cítrico utilizando cera de candelilla. También concordando con Saucedo que en el 2010 comprobó que la cera de candelilla y acido elágico tratado en manzanas “Golden Delicious” demostró una buena calidad, se disminuye la pérdida de peso, sin causar alteraciones en los frutos.

Para la variable firmeza se pudo observar que el mejor tratamiento que conservo con una menor pérdida fue el que se trató con una concentración de 2 g de cera de candelilla y carnauba mas el extracto

de nopal reposado; ya que, este a la vez mantuvo la firmeza un 16.43% durante cinco evaluaciones en comparación con el testigo a el cual no se le aplico ningún tratamiento. En esta variable el tratamiento cuatro fue el que tuvo la mayor pérdida de firmeza en la postcosecha superando al testigo. Por lo tanto esto comprueba que las ceras de candelilla y carnauba mas el extracto de nopal retardan la pérdida de firmeza en el fruto manteniéndolo así de buena calidad en la postcosecha, de acuerdo, a esto se asemeja con la investigación de Maldonado en el 2010 donde sugiere que la aplicación de extracto de nopal combinado con alguna cera como recubrimiento, genera menor deterioro y pérdida de firmeza en frutos de calabacita Zucchini prolongando así su vida de postcosecha. También se asemeja a la investigación de Pérez y colaboradores en el 2010 comprobó que en ciruelas “Angelino” estos recubrimientos han reducido de manera significativa las alteraciones fisiológicas manteniendo su textura en postcosecha.

En cuanto al color el tratamiento con 2 g de cera de candelilla y carnauba mas el extracto de nopal reposado fue el que conservo el mejor color de rojo naranja característico del tomate Saladette por más tiempo llegando a la quinta evaluación al igual que todos los de mas tratamientos, pero este a la vez presento mejor brillo y textura a diferencia de los demás. Por lo tanto las ceras de candelilla y carnauba mas el extracto de nopal presentaron una menor pérdida de brillo en el fruto manteniendo su color por más tiempo, de acuerdo, a esto se asemeja con la investigación de Pérez y colaboradores 2003 mencionan que la aplicación de ceras comestibles en melón Cantalupe permite mantener mejores características de firmeza, composición química y apariencia, lo cual se relaciona con el efecto de las ceras y extracto de nopal en el tomate Saladette. Concordando con Aquino

2009 utilizó una película comestible para inhibir el oscurecimiento durante el deshidratado de plátano Roatán (*Musa cavendish*), usando una solución de mucilago de nopal (*Opuntia ficus indica*) combinado con diferentes concentraciones de ácido cítrico y bisulfito de sodio.

Para la variable vida de anaquel se pudo observar que el mejor tratamiento que conservó por más tiempo al tomate Saladette fue el tratado con 2 g de cera de candelilla y carnauba más el extracto de nopal el cual produjo que el tomate persistiera por 30 días su vida de anaquel con una apariencia, brillo, textura y menor pérdida de peso, a diferencia del testigo que se mantuvo 24 días, pero con una peor apariencia, mayor pérdida de peso y firmeza, menor brillo. Esto concuerda con la investigación de Maldonado en el 2010 donde sugiere que la aplicación de extracto de nopal combinado con alguna cera como recubrimiento, genera menor deterioro en frutos de calabacita 'Zucchini' prolongando así su vida postcosecha, así mismo las ceras naturales como carnauba, abeja y candelilla son de gran importancia ya que pueden mantener la calidad de los frutos y se pueden utilizar en la fase de almacenamiento y vida de anaquel, ya que estas a su vez son de gran beneficio por que pueden retardar la maduración y el envejecimiento en calabacita de acuerdo con Constantino (2011). Por otra parte Del Valle en 2005, comprobó la eficiencia de una película comestible de mucilago de nopal como recubrimiento en fresas (*Fragaria ananassa*), observó el incremento de vida útil sin afectar el color y sabor del alimento.

## VI. CONCLUSIONES

En la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- ❖ La aplicación de la cera de candelilla y carnauba más el extracto de nopal reposado en tomate Saladette (*Lycopersicum esculentum* Mill) resultó efectiva en la postcosecha, ya prolongó su vida útil con una calidad excelente.
- ❖ La menor pérdida de peso se presentó con el tratamiento elaborado con la concentración de 2 g de cera de candelilla y carnauba mas el extracto de nopal reposado, ya que disminuyó un 16.92% la pérdida de peso respecto al testigo.
- ❖ Así mismo también el tratamiento con 2 g de ceras mas el extracto de nopal reposado tuvo la menor pérdida de firmeza, ya que disminuyó un 16.04% la pérdida de firmeza respecto al testigo.
- ❖ La aplicación del tratamiento con 2 g de ceras mas el extracto de nopal reposado mantuvo y disminuyo gradualmente el color y brillo original del tomate saladet (*Lycopersicum esculentum* Mill). Así mismo también mejoró la acidez y calidad.
- ❖ Las ceras comestibles y los extractos de nopal pueden ser una buena alternativa en el manejo de la postcosecha, ya que no pueden presentar efectos tóxicos al fruto o de igual forma al medio ambiente.

## VII. LITERATURA CITADA

**Aquino, L.; Rodríguez, J.; Méndez, L.; Torres, K. 2009.** Inhibición del oscurecimiento con mucilago de nopal (*Opuntia Ficus Indica*) en el secado de plátano Roatán. Información tecnológica vol. 20, N° 4. 2009. En línea: [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642009000400003&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642009000400003&script=sci_abstract) .

**Arizmendi C. D. 2004.** Optimización de dos compuestos plastificantes (Glicerol y Polietilenglicol) en la elaboración de una película comestible obtenida a partir del mucilago de nopal de la especie *Opuntia tomentosa* "Salm-Dyck". En línea: [http://www.pncta.com.mx/pages/pncta\\_investigaciones\\_04h.asp?page=04-12](http://www.pncta.com.mx/pages/pncta_investigaciones_04h.asp?page=04-12).

**Bautista, S.; Hernández, A.; Velázquez, M.; Bosquez, E.; Sánchez, D. 2005.** Quitosano: una alternativa natural para reducir microorganismos postcosecha y mantener la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. En línea: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/813/81370102.pdf>. Actualización: Marzo 2011.

**Berenguer, J.J. 2003.** Manejo del cultivo de tomate en invernadero, en: curso Internacional de Producción de Hortalizas en Invernadero. Editores; Castellanos, J. Z. y J. J. Muños, R. Celaya, Guanajuato, México. Pp. 147-74.

**Blandón, S. 2010.** Ingeniería de Postcosecha II. En línea: <http://almez.pntic.mec.es/~jrem0000/dpbq/1bch/1bch.htm>. Actualización: enero 2011.

**Bosques- Molina, E. y Vernon-Carter, J. E. 2003.** Efecto de plastificantes y calcio en la permeabilidad al vapor de agua de películas a base de goma de mezquite y cera de candelilla. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 4:157- 162.

**Cantos, S. 2003.** Cosecha y Postcosecha de Hortalizas. En línea: <http://faa.unse.edu.ar/document/apuntes/hortic/hortic11.pdf>.

Actualización: Febrero 2011

**Constantino, J. 2011.** Efectos de la aplicación de ceras comestibles en la vida de postcosecha de la calabacita Zucchini (*Cucurbita pepo* L). Tesis en licenciatura U.A.A.A.N, Buenavista, Saltillo.

**Defilippi, B. 2009.** Postcosecha de Frutas y Hortalizas. En línea: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2422.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2422.pdf).

Actualización: Noviembre 2010.

**Del Valle V.P., M.A. Hernández y M.J. Guarda. 2005.** Development of cactus mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf life. Food Chemistry: 91(4), 751-756.

**Elhadi, M. Yachia. Higuera, I. 1992.** Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Noriega Editores. Editorial LIMUSA. México – España.

**FAO STAT. 2010.** Base de datos multilingüe en línea de estadística a la agricultura, nutrición, industria pesquera y silvicultura. En línea: <http://faostat.fao.org/site/339/default.sapx>.

**FHIA. 2007.** Deterioro de las frutas y hortalizas frescas en el periodo de postcosecha. En línea: <http://www.fhia.org.hn>. Actualización: Febrero 2011.

**Instituto de la candelilla. 2010.** Instituto de la candelilla. En línea: <http://www.candelilla.org/> . Actualización: Marzo 2011.

**Kader, A. 1992.** Índices de madurez, factores de calidad, normalización e inspección de productos hortícolas. Yahia, E.M. (E.d.). Fisiología y Tecnología Postcosecha en Productos Hortícolas. Editorial Limusa. México.

**Linares, P. O. 1999.** Análisis de la Producción y Comercialización del Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en México y el mundo. Monografía. Saltillo, Coahuila. México. p. 64.

**Maldonado, V. 2010.** Uso de ceras orgánicas como recubrimiento en la vida de postcosecha de la calabacita Zucchini (*Cucurbita pepo* L). Tesis en licenciatura U.A.A.A.N, Buenavista, Saltillo. Manrique, K. Nociones del Manejo de Postcosecha. En línea <http://postharvest.ucdavis.edu/ProduceFacts/Español/Calabacita.shtml>. Actualización: febrero 2011.

**Manrique, K. 2010.** Nociones del manejo de postcosecha. En línea: <http://www.horticom.com/pd/nociones-postcosecha/53/173/53173.pdf>. Actualización Febrero 2011.

**Mazaud, F.; Pierre, J. 2000.** Manejo de Postcosecha. En línea: [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v24n02\\_077.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v24n02_077.pdf). Actualización: enero 2011.

**Martínez, C. R. 2000.** utilización de Ceras Sobre Tomate y Limón Mexicano en Postcosecha en Saltillo Coahuila México. Tesis Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

**Martínez, S. 2003.** Evaluación y efecto de un polímero comercial en el mantenimiento de la calidad de guayaba almacenada en refrigeración. Tesis en licenciatura U.A.A.A.N, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

**Moreno R. J. 2010.** Uso de Recubrimientos de Comestibles en Frutas y Hortalizas, Historia y Tendencia. Tesis de Licenciatura U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

**Pantastico, E. B. 1979.** Fisiología de la postcosección manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Primera Edición en español; Ed. Continental S. A. México D. F.

**Pereyra, J. 2010.** Efecto de la aplicación de tres tipos de ceras comestibles como recubrimiento en la calabacita Zucchini (*Cucurbita pepo* L.). Tesis en licenciatura U.A.A.A.N, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

**Pérez, B.; Bringas, E.; Saucedo, E.; Núñez, M.; Báes, R. 2003.** Efecto del uso de cera comestible en las características físico-Químicas de melón Cantaloupe. En línea: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/813/81350212.pdf>. Actualización: Enero 2011.

**Pérez, J.; Soberá, L.; Lafuente, V.; Toledano, M. 2010.** Resultados comparados entre tratamientos postcosecha en naranjas cv. Salustiana y cv. Valencia. En línea: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/813/8130212.pdf>. Actualización: Enero 2011.

**Pranoto Y., V.M. Salokhe y S.K. Rakshit. 2005.** Physical and antibacterial properties of aliginate based edible film incorporated with garlic oil, Food Research International: 38 (3), 267-272.

**Rojas, M. 2006.** Recubrimientos comestibles y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada: Una nueva estrategia de conservación. En línea: [http://www.tdr.cesca.es/TESIS\\_UdL/AVAILABLE/TDX-0406107-181316/Trgmj1de4.pdf](http://www.tdr.cesca.es/TESIS_UdL/AVAILABLE/TDX-0406107-181316/Trgmj1de4.pdf). Actualización Diciembre 2010.

**Quintavalla S. y L. Vinici. 2002.** Antimicrobial food packaging in meat industry. Meat Science: 62, 373-380.

**Sandoval, R. A. 1997.** Almacenamiento de postcosecha en chile ancho verde en Saltillo, Coahuila, México. Tesis de Maestría U.A.A.A.N, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

**Saucedo, S.; Saenz, A.; Jasso, D.; Aguilar, M.; Aguilar, C. 2010.** Influencia del ácido eláxico y de cera de candelilla de cubiertas comestibles en la vida de anaquel de manzanas. En línea: [http://sociedadmexicanadefitopatologia.org/acidoelagico/rmf\\_28\\_1\\_articulo\\_5.pdf](http://sociedadmexicanadefitopatologia.org/acidoelagico/rmf_28_1_articulo_5.pdf). Actualización: Marzo 2011.

**SAGARPA. 2008.** Cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*). En línea: <http://www.sag.gob.hn/files/Infoagro/Cadenas%20Agro/Hortofruticola/OtraInfo/GuiaHortalizas/tomate.pdf>. Actualización Marzo 2011.

**Valenzuela, T.; Zamorano, M. M. 2008.** Postcosecha y Control de Calidad de Productos Hortícolas. Segunda edición 2010. Impreso en México.

**Valle, S.; López, O.; Reyes, M.; Castillo, J.; Santos, A. 2008.**  
Recubrimiento comestible basado en goma arábica y carboximetilcelulosa para conservar frutas en atmosfera modificada. En línea:<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=60914301>  
Actualización: Diciembre 2010.

## VIII. APÉNDICE

**Cuadro 8.** Análisis de varianza para la prueba determinación de pérdida de peso en tomate Saladette en la primera evaluación durante su postcosecha.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	12	2.60258769	0.21688231	2.45	0.0054
<b>ERROR</b>	117	10.05677000	0.08595530		
<b>TOTAL</b>	129	12.65935769			
<b>C.V. (%)</b>	18.240				

FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; F: ; P>F: ; CV: coeficiente de variación.

**Cuadro 9.** Análisis de varianza para la prueba determinación de pérdida de peso en tomate Saladette en la segunda evaluación durante su postcosecha.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	12	4.33766923	0.36147244	4.24	<.0001
<b>ERROR</b>	117	9.89683000	0.08458829		
<b>TOTAL</b>	129	14.23449923			
<b>C.V. (%)</b>	15.603				

FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; F: ; P>F: ; CV: coeficiente de variación.

**Cuadro 10.** Análisis de varianza para la prueba determinación de pérdida de peso en tomate Saladette en la tercera evaluación durante su postcosecha.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	12	7.04680308	0.58723359	4.84	<.0001
<b>ERROR</b>	117	14.19584000	0.12133197		
<b>TOTAL</b>	129	21.24264308			
<b>C.V. (%)</b>	15.738				

FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; F: ; P>F: ; CV: coeficiente de variación.

**Cuadro 11.** Análisis de varianza para la prueba determinación de pérdida de peso en tomate Saladette en la cuarta evaluación durante su postcosecha.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	12	10.64754923	0.88729577	3.82	<.0001
<b>ERROR</b>	117	27.16150000	0.23214957		
<b>TOTAL</b>	129	37.80904923			
<b>C.V. (%)</b>	18.610				

FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; F: ; P>F: ; CV: coeficiente de variación.

**Cuadro 12.** Análisis de varianza para la prueba determinación de pérdida de peso en tomate Saladette en la quinta evaluación durante su postcosecha.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	12	4.97874308	0.41489526	2.01	0.0287
<b>ERROR</b>	117	24.10383000	0.20601564		
<b>TOTAL</b>	129	29.08257308			
<b>C.V. (%)</b>	16.784				

FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; F: ; P>F: ; CV: coeficiente de variación.

**Cuadro 13.** Análisis de varianza para la prueba determinación de firmeza en tomate Saladette en la primera evaluación durante su postcosecha.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	12	3.18082308	0.26506859	2.42	0.0077
<b>ERROR</b>	117	12.82083000	0.10957974		
<b>TOTAL</b>	129	16.00165308			
<b>C.V. (%)</b>	24.931				

FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; F: ; P>F: ; CV: coeficiente de variación.

**Cuadro 14.** Análisis de varianza para la prueba determinación de firmeza en tomate Saladette en la segunda evaluación durante su postcosecha.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	12	1.47932308	0.12327692	1.46	0.1487
<b>ERROR</b>	117	9.87052000	0.08436342		
<b>TOTAL</b>	129	11.34984308			
<b>C.V. (%)</b>	21.407				

FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; F: ; P>F: ; CV: coeficiente de variación.

**Cuadro 15.** Análisis de varianza para la prueba determinación de firmeza en tomate Saladette en la tercera evaluación durante su postcosecha.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	12	4.63552308	0.38629359	4.28	<.0001
<b>ERROR</b>	117	10.56840000	0.09032821		
<b>TOTAL</b>	129	15.20392308			
<b>C.V. (%)</b>	20.860				

FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; F: ; P>F: ; CV: coeficiente de variación.

**Cuadro 16.** Análisis de varianza para la prueba determinación de firmeza en tomate Saladette en la cuarta evaluación durante su postcosecha.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	12	1.52414923	0.12784577	1.91	0.0403
<b>ERROR</b>	117	7.84999000	0.06709393		
<b>TOTAL</b>	129	9.38413923			
<b>C.V. (%)</b>	16.884				

FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; F: ; P>F: ; CV: coeficiente de variación.

**Cuadro 17.** Análisis de varianza para la prueba determinación de firmeza en tomate Saladette en la quinta evaluación durante su postcosecha.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	12	0.88301231	0.07358436	1.07	0.3931
<b>ERROR</b>	117	8.05941000	0.06888385		
<b>TOTAL</b>	129	8.94242231			
<b>C.V. (%)</b>	17.137				

FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; F: ; P>F: ; CV: coeficiente de variación.

**Cuadro 18.** Análisis de varianza para la prueba vida de anaquel en tomate Saladette.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>TRATAMIENTOS</b>	12	443.0769231	36.9230769	22.98	<.0001
<b>ERROR</b>	117	188.0000000	1.6068376		
<b>TOTAL</b>	129	631.0769231			
<b>C.V. (%)</b>	5.117				

FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; F: ; P>F: ; CV: coeficiente de variación.