

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y ALIMENTOS



APLICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LÁTEX DE POLIACETATO DE VINILO  
(PVAc) COMO RECUBRIMIENTO EN TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill).

Por:

**Breznev de la Rosa Osorio**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México Abril de 2007.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS**

**APLICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LÁTEX DE POLIACETATO DE VINILO  
(PVAc) COMO RECUBRIMIENTO EN TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill)**

**TESIS**

Presentada por:

**BREZNEV DE LA ROSA OSORIO**

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial para  
Obtener el Título de:

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Aprobada por el Comité de Tesis

---

**M. C. Xochitl Ruelas Chacón**  
Presidente

---

**Dr. René Darío Peralta Rodríguez**  
Vocal y Co-asesor

---

**M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla**  
Vocal

---

**M.C. Gladis Yakeline Cortez Mazatán**  
Vocal Suplente

---

**Ing. José Rodolfo Peña Oranday**  
Coordinador de la División de Ciencia Animal

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, ABRIL DE 2007.**

## DEDICATORIAS

A *Dios* por darme la oportunidad de culminar una de tantas metas que me he propuesto en la vida.

A MIS PADRES

*Armando de la Rosa Mendoza*

*Gleohina Osorio Arellano*

Por darme el mayor regalo que se le puede dar a un hijo amor, comprensión, pero sobre todo el deceso de salir adelante a pesar de los obstáculos. Los admiro por no dejarse vencer ni aún en las situaciones más adversas.

A MIS HERMANOS

*Beyazmin, Dioreya, Hosarsiph y Amenotep*

Gracias por haberme apoyado en todo momento sin cuestionarme nada. Me siento honrado de pertenecer a una familia en la que siempre nos hemos apoyado en las buenas y malas, espero que sigamos así de unidos. Los quiero.

A MI SOBRINA

*Ananda*

Espero que esto sea un ejemplo a seguir, échale ganas peque.

A la Familia *Pérez De la Rosa*, quien siempre ha manifestado su cariño y apoyo hacia mi. Gracias Tía Araceli, sinceramente.

A una gran amiga *Ana Martínez (+)*. Me quedan los gratos momentos que pasamos. Hasta pronto amiga.

A *Sarahí del Carmen Rangel Ortega*, una persona especial, llena de amor y comprensión, gracias por todos los momentos inolvidables que hemos pasado.

## AGRADECIMIENTOS

A *MI ALMA MATER*, por brindarme un hogar, una formación profesional y por que gracias a ella, conocí grandes amigos.

Al *Centro de Investigación en Química aplicada (CIQA)*, en especial *Dr. René Darío Peralta Rodríguez*, por haber aceptado dirigir esta investigación, y a *M.C. Gladis Yafelíne Cortéz Mazatán*.

A todos los profesores de esta gran institución, en especial a la *M.C. Xochitl Ruelas Chacón*, por su apoyo, sencillez y porque siempre ha demostrado interés para con sus alumnos, al *M.C. Oscar N. Reboloso Padilla*, *M.C. María Hernández*, *Lic. Laura O. Fuentes*, *M. Ed. Ma. De Lourdes Morales*. Así como *Q.F.B. Mildred Flores Verástegui*.

A la *Familia Osorio Solís* por su ayuda desinteresada.

A mis amigos por todo lo bueno y malo que pasamos y por todo lo que aprendimos juntos.

*Emanuel, Oscar, Sarahí, Betsy, Liz y Rosy, Beto "Chucha"*

A los amigos de siempre *Rita, Abril, Octavio, Francisco Aguilar*.

A mis compañeros y a todos los que conocí en esta etapa de mi vida, en especial a: *Gris, Gladis, Conrra, Monclo, Enoc, Roberto, Gamaliel, René, Mimi, Nubia, Nuyén, Polo, Mario, Francisco. Anahy, Valeria, Remedios*.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	viii
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>RESUMEN</b> .....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1 JUSTIFICACIÓN</b> .....	2
<b>1.2 OBJETIVOS</b> .....	3
<b>1.2.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....	3
<b>1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> .....	3
<b>1.3 HIPOTESIS</b> .....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
2.1 Generalidades en la utilización de recubrimientos en los alimentos.....	4
2.2 Componentes de los recubrimientos.....	4
2.3 Formación de las películas.....	6
2.4 Función de las películas en la industria de alimentos.....	7
2.5 Requerimientos, ventajas y desventajas del uso de películas comestibles.....	9
2.6 Recubrimientos y películas biodegradables y/o comestibles para alimentos.....	10
2.7 Películas poliméricas comestibles.....	10
2.8 Películas poliméricas biodegradables.....	11
2.9 Propiedades funcionales de las películas comestibles y/o biodegradables.....	11
2.10 Efectos de la aplicación de recubrimientos a frutos.....	12
2.11 Formas de aplicación.....	13
2.12 Polímeros.....	13
2.13 Concepto y clasificación.....	14
2.14 Formación de los polímeros (Polimerización).....	15
2.15 Empleo de los polímeros.....	17
2.16 Polímeros de utilidad comercial.....	18
2.17 Polimerización en microemulsión.....	18
2.18 Uso de poliacetato de vinilo como recubrimiento en tomate.....	19
2.19 Generalidades del tomate.....	20
2.20 Taxonomía y morfología del tomate.....	20
2.21 Descripción del fruto.....	20
2.22 Estructura del fruto.....	21
2.23 Valor nutritivo.....	21
2.24 Importancia de poscosecha en frutas y hortalizas.....	21
2.25 Factores previos a la cosecha que afectan la fisiología	

y manejo de poscosecha.....	22
2.26 Pérdidas poscosecha.....	22
2.27 Índices de madurez y cosecha.....	24
2.28 Madurez fisiológica y comercial.....	24
2.29 Calidad del fruto.....	25
2.30 Parámetros de calidad.....	25
2.30.1 Peso del fruto.....	25
2.30.2 Sólidos solubles totales (°Brix).....	25
2.30.3 Firmeza.....	26
2.30.4 Color.....	26
2.30.5 Respiración (desprendimiento de CO <sub>2</sub> ).....	27
2.30.6 Vitamina “C”.....	27
2.30.7 Ácido cítrico.....	27
2.31 Factores físicos y biológicos que afectan la calidad.....	28
2.31.1 Temperatura y respiración.....	28
2.31.2 Daño por frío.....	29
2.31.3 Humedad relativa.....	30
2.31.4 Etileno.....	30
2.32 Medidas de control para mantener la calidad del fruto.....	30
2.32.1 Conservación frigorífica.....	30
2.32.2 Atmósferas controladas.....	31
2.32.3 Atmósferas modificadas.....	32
2.33 Generalidades sobre la gobernadora ( <i>Larrea tridentata</i> ).....	32
2.33.1 Constituyentes fotoquímicos.....	32
2.33.2 Propiedades antifúngicas así como efecto bactericida nematicida y antiviral de <i>L. tridentata</i> .....	33
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>34</b>
3.1 Localización.....	34
3.2 Material vegetal.....	34
3.3 Descripción de los tratamientos.....	35
3.4 Parámetros de calidad evaluados.....	36
3.5 Metodología Experimental.....	36
3.5.1 Primera etapa.....	36
3.5.1.1 Obtención de polímero (poliacetato de vinilo).....	36
3.5.1.2 Caracterización del extracto hidrosoluble de resina de gobernadora a 2000 ppm.....	37
3.5.1.3 Selección de muestras (tomates).....	37
3.5.1.4 Recubrimiento de tomates con PVAc.....	38
3.5.2 Segunda etapa.....	40
3.5.2.1 Análisis de muestras (variables evaluadas).....	40
3.5.2.2 Determinación de pérdida de peso.....	41
3.5.2.3 Determinación de color.....	42
3.5.2.4 Determinación de sólidos solubles totales.....	43
3.5.2.5 Determinación de firmeza.....	44
3.5.2.6 Determinación de respiración.....	45
3.5.2.7 Determinación de vitamina “C”.....	46
3.5.2.8 Determinación de ácido cítrico.....	46
3.6 Diseño y modelo experimental.....	47
3.6.1 Modelo experimental.....	48

<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	49
4.1 Peso Molecular y Diámetro de Partícula.....	49
4.2 Luminosidad (L).....	49
4.3 Color.....	51
4.4 Firmeza.....	53
4.5 Sólidos solubles totales (S.S.T.).....	56
4.6 Acido cítrico.....	57
4.7 Vitamina “C”.....	60
4.8 Pérdida de peso.....	62
4.9 Respiración.....	64
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	66
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	68
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	69
<b>VIII. ANEXOS</b> .....	73
<b>ANEXO I</b> .....	74
<b>ANEXO II</b> .....	75

## ÍNDICE DE CUADROS

No.	Título	Pág.
1	Diversas aplicaciones de las películas comestibles.....	8
2	Estados en la maduración del fruto de tomate.....	24
3	Descripción de los tratamientos aplicados a frutos de tomate.....	35
4	Descripción de los tratamientos para la variable pérdida de peso.....	40
5	Niveles y descripción de los niveles evaluados.....	47
6	Análisis de varianza para luminosidad.....	75
7	Mínimos cuadrados medios para luminosidad.....	76
8	Comparación de medias por prueba de Tukey .para luminosidad contra días de almacenamiento.....	77
9	Análisis de varianza para color a*.....	77
10	Mínimos cuadrados medios para color a*.....	78
11	Comparación de medias por prueba de Tukey. para color a* contra días de almacenamiento.....	79
12	Análisis de varianza para firmeza.....	79
13	Mínimos cuadrados medios para firmeza.....	80
14	Comparación de medias por prueba de Tukey. para firmeza contra condiciones de almacenamiento.....	81
15	Comparación de medias por prueba de Tukey. para firmeza contra días de almacenamiento.....	81
16	Análisis de varianza para sólidos solubles totales.....	81
17	Mínimos cuadrados medios para sólidos solubles totales.....	82
18	Análisis de varianza para ácido cítrico.....	83
19	Mínimos cuadrados medios para ácido cítrico.....	84
20	Comparación de medias por prueba de Tukey. para ácido cítrico contra días de almacenamiento.....	85
21	Análisis de varianza para vitamina C.....	85
22	Mínimos cuadrados medios para vitamina C.....	86
23	Comparación de medias por prueba de Tukey .para vitamina C contra recubrimiento por días.....	87
23.1	Grafica de valores de comparación de medias.....	87
24	Análisis de varianza para pérdida de peso a los 7 días.....	88
25	Análisis de varianza para pérdida de peso a los 14 días.....	88
26	Mínimos cuadrados medios para pérdida de peso 7 y 14 días.....	88
27	Comparación de medias por prueba de Tukey .para pérdida de peso (7días) contra recubrimiento.....	89
27.1	Grafica de valores de comparación de medias.....	89
28	Comparación de medias por prueba de Tukey .para pérdida de peso (14 días) contra recubrimiento.....	89
28.1	Grafica de valores de comparación de medias.....	89
29	Respiración de tomates almacenados a temperatura ambiente.....	90
30	Respiración de tomates almacenados en cámara.....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Título	Pág.
1	Selección de muestras de tomate.....	38
2	División de tomates por tratamientos.....	38
3	Marcado y pesado de muestras.....	38
4	Recubrimiento de muestras con látex y resina.....	39
5	Muestras almacenadas a temperatura ambiente	39
6	Muestras almacenadas en cámara con temperatura y humedad controlada.....	39
7	Balanza digital para determinación de pérdida de peso.....	41
8	Colorímetro Minolta CR-300.....	42
9	Lectura de muestras de tomate.....	42
10	Diagrama de cromaticidad (L* a* b*).....	43
11	Refractómetro para determinación de sólidos solubles totales.....	43
12	Penetrometro manual EFEGI para determinación de firmeza.....	44
13	Analizador de CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O para determinación de respiración.....	45
14	Determinación de vitamina “C” mediante titulación con reactivo de Thielman.....	46
15	Determinación de ácido cítrico mediante titulación con NaOH 0.1 N.....	46
16	Grafica de la variable luminosidad (L) en tomate.....	50
17	Comparación de medias para el factor “días” en la variable luminosidad en tomate.....	51
18	Grafica de la variable color en tomate.....	52
19	Comparación de medias para el factor “días” y la variable color.....	53
20	Grafica de la variable firmeza en tomates.....	54
21	Comparación de medias entre las condiciones de almacenamiento para la variable firmeza.....	55
22	Comparación de medias entre los días de almacenamiento para la variable firmeza.....	55
23	Grafica de la variable sólidos solubles totales en tomates.....	56
24	Grafica de la variable ácido cítrico en tomates.....	58
25	Comparación de medias entre los días de almacenamiento para la variable ácido cítrico.....	59
26	Grafica de la variable vitamina C en tomates.....	60
27	Comparación de medias entre los días de almacenamiento para la variable.....	61
28	Grafica de pérdida de peso.....	62
29	Grafica de pérdida de peso a los 7 días.....	63
30	Grafica de pérdida de peso a los 14 días.....	63
31	Actividad respiratoria en frutos de tomate expuestos a temperatura ambiente durante 7 y 14 días.....	64
32	Actividad respiratoria en frutos de tomate almacenados en cámara durante 7 y 14 días.....	65

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de látex de poliacetato de vinilo solo y combinado con extracto de resina de gobernadora a 2000 ppm, como recubrimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), variedad Gabriela, proporcionados por el Departamento de Agroplásticos del Centro de Investigación en Química Aplicada. El látex, así como la solución de resina, se obtuvieron en la Planta Piloto No. 2 del Departamento de Procesos de Polimerización, también del CIQA.

Para el experimento se utilizó un diseño experimental factorial completamente al azar, y se evaluaron los parámetros de calidad: pérdida de peso, respiración, firmeza, sólidos solubles totales, vitamina c, ácido cítrico y color. Los tomates se almacenaron en condiciones controladas y no controladas (medio ambiente). Las evaluaciones fueron realizadas en el laboratorio de poscosecha de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza (ANVA) en el cual se utilizó el paquete computacional MINITAB, con arreglo factorial, los factores fueron: tratamiento (sin recubrimiento, látex y látex mas resina); condiciones de almacenamiento (controladas y no controladas) y tiempo de almacenamiento (7 y 14 días).

Los análisis de varianza para color, ácido cítrico y firmeza no mostraron diferencia entre tratamientos, en cambio si presentan diferencia significativa para el tiempo de almacenamiento. En sólidos solubles totales no hubo diferencia estadística en ninguno de los factores analizados. Para vitamina C los mejores tratamientos fueron sin recubrimiento y látex mas resina a los 7 días de almacenamiento, con diferencias estadísticas mínimas. En pérdida de peso no existió diferencia estadística entre frutos con recubrimiento y sin recubrimiento, aunque la disminución de peso fue siendo mayor con el paso del tiempo en los tres tratamientos. Cabe aclarar que el tratamiento látex mas resina fue el que tuvo mayor evaporación de agua. Por último para respiración, los tratamientos se comportan de una manera muy similar en ambas condiciones de almacenamiento, por lo que no existe una tendencia definida en cuanto al tipo de tratamiento utilizado, aclarando que graficamos directamente del analizador de CO<sub>2</sub> sin realizar ningún tipo de cálculo o análisis estadístico.

## I INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de alimentos que se adapten al ritmo de vida actual está generando un rápido desarrollo de nuevos sistemas de procesado, envasado y presentación de alimentos que permitan dar una respuesta efectiva a dicha demanda, garantizando al máximo la calidad y seguridad de los alimentos. Sin embargo, todavía son numerosas las pérdidas generadas por el deterioro de los mismos, principalmente en lo que se refiere a frutas y hortalizas. Una de las formas de disminuir o prevenir estas pérdidas, en ciertos alimentos frescos o procesados, es mediante el desarrollo de películas y/o recubrimientos comestibles.

Las películas y/o recubrimientos comestibles se utilizan como una cubierta sobre los alimentos en forma de envoltura. Las películas conservan la calidad de frutas y hortalizas debido a que crean una barrera a los gases, produciendo una atmósfera modificada alrededor del producto. Esta atmósfera reduce la disponibilidad de  $O_2$  e incrementa la concentración de  $CO_2$ , por lo que disminuye la tasa de respiración y la pérdida de agua y/o peso, ensayos de laboratorio han demostrado que una fruta sin tratamiento pierde un 20 por ciento de su peso al cabo de 14 días, mientras que una tratada entre el 2 y 4 por ciento, de igual forma permiten un mejor mantenimiento de aspectos sensoriales, nutritivos, microbiológicos y físicos como firmeza y brillo (Bosquez, 2006).

El recubrimiento, cualquiera que éste sea, debe garantizar la estabilidad del alimento, minimizar las pérdidas poscosecha (almacenamiento, transporte y comercialización) en el caso de frutas y hortalizas, y prolongar su vida útil, además, de ofrecer costos competitivos en comparación con los materiales de empaque plásticos actuales.

Dada la importancia que tiene el cultivo de hortalizas en México el cual representa alrededor del 3 al 5 por ciento de la superficie agrícola, el 18 por ciento del valor total de la producción nacional así como el 50 por ciento del valor de las exportaciones (Anónimo 3, 2007). El tomate es la segunda especie

hortícola mas importante por la superficie sembrada, que es de aproximadamente 121,688 has ubicadas principalmente en los estados de Sinaloa, Baja California, San Luís Potosí y Michoacán y con un volumen de producción de 2,134,839 toneladas (Anónimo 3, 2007). Se considera el producto hortícola de mayor importancia económica, por lo tanto los recubrimientos pueden ser una opción para controlar y/o prevenir las mermas que se tienen durante la etapa de poscosecha que oscilan entre un 11.4 y 14.2 por ciento en su mayor parte, debidas a la actuación de agentes patógenos, principalmente hongos, y en menor proporción a daños mecánicos, lesiones durante el cultivo y daños por frio (Nuez, 2001).

## **1.1 JUSTIFICACIÓN**

El factor común que caracteriza a los frutos y hortalizas es el hecho de estar constituidos por tejidos vivos que mantienen la actividad fisiológica después de la recolección y, por lo tanto, están sujetos a continuos cambios como actividad respiratoria, producción de etileno, firmeza, etc. algunos beneficiosos y deseables, pero la mayor parte de ellos no deseables.

Los tomates, los cuales se caracterizan por su elevado contenido de agua, al igual que la mayor parte de las frutas y hortalizas, sufren cambios durante la etapa de posrecolección, presentando fuerte tendencia a la pérdida de peso por desecación, provocando marchitamiento y arrugamiento; a la vez son susceptibles a la invasión por microorganismos y a lesiones por daños mecánicos. Estos cambios no pueden evitarse por completo, únicamente es posible reducir su evolución dentro de ciertos límites, teniendo control sobre las condiciones óptimas de almacenamiento del producto (temperatura y humedad relativa) y un mejor manejo poscosecha. Lo anterior se puede lograr mediante el uso de recubrimientos, por lo que está investigación propone la aplicación de películas formuladas con poliacetato de vinilo solo y combinado con extracto hidrosoluble de resina de gobernadora, en los tomates; como una forma de evitar el rápido deterioro en su fisiología poscosecha.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 GENERAL**

Obtención y aplicación de látex (poliacetato de vinilo combinado con extracto hidrosoluble de resina de gobernadora) como recubrimiento en tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill), con el fin de prolongar la vida de anaquel.

### **1.2.2 ESPECIFICOS**

- Realizar una formulación con base en látex de poliacetato de vinilo mediante polimerización en microemulsión combinado con extracto hidrosoluble de resina de gobernadora.
  
- Recubrir tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill) variedad Gabriela (híbrido para producción en invernadero), y valorar parámetros de calidad como respiración, firmeza, brillo, etc., bajo condiciones de temperatura y humedad controlada y no controlada y en diferentes períodos de tiempo.

## **1.3 HIPÓTESIS**

Los recubrimientos permiten disminuir la pérdida en poscosecha del tomate, puesto que crean una barrera entre el fruto y el ambiente.

## II REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades en la utilización de recubrimientos en los alimentos.

Los recubrimientos se definen como productos comestibles que envuelven al alimento, creando una barrera semipermeable a gases ( $O_2$  y  $CO_2$ ) y vapor de agua. Así mismo mejoran las propiedades mecánicas, ayudan a mantener la integridad estructural del producto que recubren, a retener compuestos volátiles, y también pueden llevar aditivos seguros desde el punto de vista alimentario como son agentes antimicrobianos, o antioxidantes, entre otros (Anónimo 4, 2006).

La aplicación de películas para proteger a los alimentos y prolongar su vida de anaquel data de los siglos XII y XIII en China donde se utilizaban ceras para recubrir los cítricos y así retardar su desecación (Hardenburg 1967). En el siglo XVI el recubrimiento de frutas se llevaba a cabo con parafinas previniendo la pérdida de humedad del alimento (Labuza y Contreras-Medellín, 1981).

Desde hace mas de 50 años se ha estudiado el uso de películas comestibles para extender el tiempo de vida de anaquel e incrementar la calidad debido a la frescura, las propiedades que ofrecen estas películas van a depender de los componentes del cual están elaboradas.

### 2.2 Componentes de los recubrimientos.

Los principales componentes utilizados en la preparación de recubrimientos comestibles son:

1. Lípidos.- Ceras o derivados de los monoglicéridos (acilglicérols y ácidos grasos), surfactantes. En general, los lípidos son efectivos retardando la transferencia de humedad dado su carácter hidrofóbico, lo que se traduce en una menor pérdida de peso del fruto, por lo que son sumamente utilizadas. Los lípidos más empleados en recubrimientos comestibles incluyen ceras de origen natural como la cera de abeja, carnauba, candelilla, así como glicéridos. Pero antes de ser consideradas como

películas se consideran como simples cubiertas. Las grasas también son utilizadas para recubrir confitería, pero una de las desventajas es que puede ocurrir rancidez o la superficie se puede poner grasosa (Guilbert, 1986).

2. Proteínas.- Colágeno, zeína, glutén de trigo, aislados de proteína de soya, de leche, caseína, albúmina de huevo, lacto albúmina, suero de leche, alginatos, pectinas. Las películas de proteínas se adhieren fácilmente a superficies hidrofílicas pero en la mayoría de los casos no son resistentes a la difusión del agua, otra desventaja es su sensibilidad a los cambios de pH por lo que deben limitarse a las condiciones óptimas de su formación (Baldwin y col. 1994).
3. Polisacáridos.- Celulosa, almidón, alginato, carragenanos, pectina, quitosano, celulosa y derivados, celofán, acetato de celulosa, etc. tienen propiedades como barrera a los gases y pueden adherirse a superficies de frutas y vegetales. La desventaja al utilizar este tipo de películas es que las propiedades de barrera a la humedad son muy bajas debido a la naturaleza hidrofílica de las mismas (Guilbert, 1986).

Los polisacáridos y proteínas, son poco eficaces como barreras a la transferencia al vapor de agua (solubles en agua) pero ofrecen una mayor barrera a gases ( $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ ) que los lípidos, proporcionan mejores propiedades mecánicas por lo que son mejores para trabajar con productos frágiles, no aportan sabor y son sensibles al calentamiento (Donhowe y Fennema, 1994).

4. La mezcla de cualquiera de estos grupos.

Otra forma es la combinación entre estos grupos y así tomar ventajas de las propiedades que ofrecen formando lo que se conoce como “recubrimiento comestible compuesto” utilizando las distintas características funcionales para cada clase de formación de la película. Guilbert (1986), Donhowe y Fennema (1994), definen los sistemas multicomponentes como dos o más componentes que se mezclan con el propósito de complementarse y aumentar la capacidad de

retención de agua así como conservar características físicas como firmeza y brillo entre otras.

Además de estos componentes básicos, se añaden plastificantes, surfactantes, emulsificantes, etc. que ayudan a mejorar la integridad mecánica, la calidad y el valor nutricional de los alimentos:

#### 1.- Plastificantes (ceras, aceites, ácidos grasos).-

El plastificante es un factor muy importante ya que afecta las propiedades mecánicas y la permeabilidad de la película. Los plastificantes alteran la estructura de las películas, la movilidad de la cadena y los coeficientes de difusión de gases o agua (Guilbert, 1986).

Los plastificantes que se usan en la industria de los alimentos incluyen:

- Monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos (glucosa, jarabes de glucosa o fructosa y miel).
- Sorbitol, glicerol y derivados del glicerol.

#### 2.- Surfactantes y emulsificantes.- grasas y aceites

#### 3.- Antioxidantes y conservadores químicos.- Ácido benzoico y ácido sórbico.

La influencia que tendrán estos aditivos en las propiedades de las películas dependerá del grado de concentración, la estructura química, el grado de dispersión en la película y en la interacción con los polímeros.

### **2.3 Formación de las películas.**

Cuando un polímero está siendo aplicado a una superficie, existen dos fuerzas operando: cohesión y adhesión. El grado de cohesión afecta las propiedades de la película, así como la densidad, porosidad, permeabilidad, flexibilidad y fragilidad de la película (Guilbert, 1986).

Si las películas proteicas se exponen a un calor excesivo se afecta la cohesión: ya que las moléculas son inmovilizadas prematuramente provocando defectos como perforaciones y fractura prematura de la película. Las soluciones de concentración intermedia generalmente resultarán en el incremento de la fuerza cohesiva debido a la viscosidad óptima del polímero (Guilbert, 1986).

#### **2.4 Función de las películas en la industria de alimentos.**

En muchas aplicaciones de alimentos, la función mas importante de las películas comestibles es la reducción de la pérdida de humedad, en la mayoría de los casos las películas comestibles no pueden ser utilizadas en productos con actividad acuosa ( $a_w$ ) mayor a 0.94 por ciento, debido a que se degradan o disuelven con el contacto de humedad y pueden perder sus propiedades de barrera, al menos que la utilización de la película sea para una protección de corto tiempo o el alimento se congele inmediatamente; de lo contrario se pone en riesgo la calidad y seguridad del alimento (Guilbert, 1986).

Es importante valorar las características funcionales de una película comestible para una aplicación particular que depende generalmente de la naturaleza del alimento, de sus propiedades físico-químicas y de su primer modo de deterioro. Por ejemplo: para la protección de un alimento oxidable es necesario una película con buenas propiedades que sirvan de barrera al oxígeno, por el contrario para la envoltura de frutas y verduras frescas será necesaria una cierta permeabilidad al oxígeno y sobre todo al anhídrido carbónico (Labuza y Contreras-Medellín, 1981).

El siguiente cuadro muestra un resumen de algunas aplicaciones de las películas comestibles en alimentos (Anonimo1, 2007).

Cuadro1. Diversas aplicaciones de las películas comestibles.

<b>Propósito</b>	<b>Aplicaciones</b>
Proveer protección individual contra la humedad y oxígeno.	Pescado fresco, queso, carne, productos carnicos, alimentos de humedad intermedia, alimentos secos, nueces y botana.
Retardar el crecimiento microbiano externo.	Alimentos de humedad intermedia.
Controlar el balance de humedad dentro de un alimento heterogéneo.	Pizzas, pay, sandwiches, pasteles y alimentos heterogéneos congelados.
Mejorar las propiedades mecánicas de un alimento para su posterior procesamiento.	Cacahuates, camarones, botana, cangrejo y jaiba.
Mejorara la integridad estructural.	Carne reestructurada, pescado, alimentos liofilizados y carne.
Restringir la migración de humedad	Frutas de humedad intermedia, horneados, congelados, alimentos batidos, botanas y nueces.
Proteger las piezas de un alimento que estarán dentro de tazas o bolsas.	Quesos o cubos de queso, alimentos congelados, helados y frutas.
Proteger las superficies o el empacado de la absorción de grasas.	Cubos de queso, fruta seca, botanas y congelados.
Mejorar la apariencia del alimento añadiéndole brillo.	Productos de confitería, fruta de humedad intermedia, nueces, botana y productos de panificación.
Impartir o mejorar color, sabor y palatabilidad.	Alimentos diversos.

Fuente: adaptado de Guilbert, 1986

## **2.5 Requerimientos, ventajas y desventajas del uso de películas comestibles.**

En la mayoría de los casos, a los recubrimientos, por no aportar ningún tipo de valor nutricional significativo al alimento, son considerados como aditivos; por otro lado, si incrementa el valor nutricional del alimento pueden ser calificados como ingredientes, además, comentan que, las películas deben tener tan poco sabor como sea posible o de lo contrario, deben tener un sabor compatible con el alimento al cual se está recubriendo (Labuza y Contreras-Medellín, 1981).

Debido a que las películas son tanto componentes del alimento como empaques del mismo deben reunir los siguientes requerimientos (Anonimo1, 2007):

- ❑ Buenas cualidades sensoriales.
- ❑ Alta eficiencia mecánica y de barrera.
- ❑ Estabilidad bioquímica, fisicoquímica y microbiana.
- ❑ Deben estar libres de tóxicos.
- ❑ Seguros para la salud.
- ❑ De tecnología simple.
- ❑ No deben de tener contaminantes.
- ❑ De bajo costo tanto de materiales como en los procesos.

Guilbert (1986), menciona algunas de las ventajas al utilizar películas comestibles:

- ❑ Pueden ser ingeridas por el consumidor.
- ❑ Aumentan la vida de anaquel del producto.
- ❑ Reduce los procesos de respiración y transpiración.
- ❑ Su costo es generalmente bajo.
- ❑ Su uso reduce los desechos y la contaminación ambiental.
- ❑ Pueden mejorar las propiedades organolépticas, mecánicas y nutricionales de los alimentos.
- ❑ Resaltar el brillo de frutos mejorando su apariencia.

- Proporciona protección individual a pequeñas piezas o porciones de alimento
- Pueden ser usadas en alimentos heterogéneos como barrera entre los componentes.

Algunas desventajas al aplicar recubrimientos comestibles (Pantastico, 1984):

- Pueden provocar pudrición al atrapar microorganismos patógenos en rajaduras y lesiones minúsculas.
- En el caso de las ceras crean una atmósfera interna baja en O<sub>2</sub> y alta en CO<sub>2</sub>, dando malos sabores a los productos

## **2.6 Recubrimientos y películas biodegradables y/o comestibles para alimentos.**

El empleo de películas y recubrimientos comestibles constituye a menudo una interesante oportunidad para mejorar la calidad, estabilidad o salubridad de muchísimos alimentos, aunque con frecuencia es necesario limitar el uso de estas películas comestibles a una única aplicación elegida en función de la naturaleza del alimento y de su primer modo de deterioro (Anónimo 2, 2007).

## **2.7 Películas poliméricas comestibles.**

Son aquellas elaboradas con sustancias poliméricas naturales, de composición heterogénea las cuales pueden ser ingeridas sin riesgo para el consumidor y que le aportan algunos nutrientes tales como: proteínas, almidones hidrolizados, gomas, pectinas, carragenanos, alginatos, entre otros.

El propósito de estos empaques poliméricos es inhibir la migración de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, aroma, lípidos y además, servir como transporte de antioxidantes, antimicrobianos y sabores así como impartir integridad mecánica y facilitar la manipulación de los alimentos. En ocasiones las películas comestibles que tienen buenas propiedades mecánicas pueden reemplazar las películas sintéticas (Anónimo 2, 2007).

## **2.8 Películas poliméricas biodegradables.**

Son aquellas que se elaboran con sustancias de origen natural, de composición heterogénea, de tal manera que en un proceso de compostaje se transforman en compuestos de menor complejidad, es decir, sufren despolimerización. Mas adelante continúan su proceso de degradación hasta llegar a sus componentes más elementales, esto es, sufren mineralización conversión a  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{sales minerales}$  (Anónimo 2, 2007).

La despolimerización incluye tres elementos claves:

- ❑ Microorganismos apropiados.
- ❑ Medio ambiente favorable.
- ❑ Un sustrato de polímero vulnerable, un ambiente cálido y húmedo, con intervalo aceptable de pH, nutrientes y oxígeno, para la aplicación de microorganismos, lo cual conduce a un proceso eficiente de biodegradación.

## **2.9 Propiedades funcionales de las películas comestibles y/o biodegradables.**

Las películas comestibles y/o biodegradables no siempre reemplazan los empaques sintéticos, sino que racionalizan su utilización, además prolongan el estado de frescura de frutos y vegetales y el tiempo de vida útil de los alimentos y mejoran la eficiencia económica de los materiales de empaque.

Las propiedades funcionales de las películas comestibles y/o biodegradables son iguales a las de los empaques no biodegradables o sintéticos. Entre las principales se tienen: actúan como barreras a la humedad, al oxígeno y al dióxido de carbono. La permeabilidad de las películas o cubiertas comestibles se relacionan con la resistencia a los gases, al vapor de agua y al transporte de solutos (Anónimo 2, 2007).

## **2.10 Efectos de la aplicación de recubrimientos a frutos.**

Las frutas y verduras tienen una cutícula de cera natural en la superficie externa, que al momento de la cosecha, lavado y cepillado, se remueve total o parcialmente; al retirársele, el producto queda más expuesto a los factores ambientales teniendo como resultado el incremento de la velocidad de respiración y transpiración del fruto, así como la infección a través de las pequeñas lesiones que se provocan en la piel y como consecuencia de estos procesos, la disminución de la vida de anaquel del mismo (Pantástico, 1984).

Por ello, la aplicación de tratamientos de posrecolección ha prestado especial interés en el empleo de recubrimientos para la conservación de frutas y verduras.

Para poder restaurar las cubiertas naturales del fruto se han empleado aplicaciones de cubiertas de origen natural y artificial, con suficiente grosor y consistencia para evitar que se incremente la velocidad de los procesos que llevan al deterioro de los frutos. Estas cubiertas aplicadas artificialmente sirven para favorecer las condiciones anaeróbicas dentro del fruto, proporcionando además la protección necesaria contra los microorganismos que causan la pudrición (Pantastico, 1984).

Es importante el grosor del recubrimiento, ya que uno demasiado delgado puede dar una protección insuficiente frente a la pérdida de humedad, mientras que una capa muy gruesa puede favorecer la descomposición.

La aplicación de barreras físicas con recubrimientos en la superficie de los frutos puede regular la permeabilidad al O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O retardando el proceso natural de maduración fisiológica, además de proteger contra las infestaciones de insectos y crecimiento de microorganismos (Mellething y col. 1982).

## **2.11 Formas de aplicación.**

Existen diferentes métodos por los cuales se puede aplicar el recubrimiento sobre el producto:

1. En forma de espuma: sobre una cabeza de cepillo adecuada se monta un generador de espuma y el tipo de recubrimiento (líquido) se aplica al fruto en forma de espuma.

2. En forma de aspersión: la aplicación tiende a desperdiciar producto, esta forma de aplicación es mediante el uso de boquillas hidráulicas o neumáticas las cuales asperjan el producto y van montadas sobre un transportador de rodillos o cepillos. Se puede ajustar la cantidad aplicada cambiando las boquillas y la presión.

3. En forma de inmersión: la inmersión implica meter el fruto durante 30 segundos en un tanque que contiene el recubrimiento.

4. Con cepillos: la aplicación con cepillos es eficiente, se coloca el recubrimiento en un cepillo aplicador montado sobre el transportador de rodillos; siendo distribuida sobre el cepillo por medio de un brazo viajero, con el cual se puede controlar el flujo del recubrimiento. Para evitar daños en los frutos el movimiento del cepillo debe mantenerse a la velocidad mínima efectiva (Martínez, 2000).

## **2.12 Polímeros.**

Los polímeros son moléculas esenciales para nuestra existencia ya que son constituyentes principales de nuestra comida, ropa, de nuestras casas y de nuestros cuerpos.

Existen polímeros naturales de gran significado comercial como el algodón, formado por fibras de celulosa. La celulosa se encuentra en la madera y en los tallos de muchas plantas, y se emplean para hacer telas y papel. La seda es otro polímero natural muy apreciado y es una poliamida semejante al nylon. La lana, proteína del pelo de las ovejas, es otro ejemplo. El hule de los árboles de hevea y de los arbustos de guayule, son también polímeros naturales importantes.

Sin embargo, la mayor parte de los polímeros que usamos en nuestra vida diaria son materiales sintéticos con propiedades y aplicaciones variadas. Lo que distingue a los polímeros de los materiales constituidos por moléculas de tamaño normal son sus propiedades mecánicas. En general, los polímeros tienen una excelente resistencia mecánica debido a que las grandes cadenas poliméricas se atraen. Las fuerzas de atracción intermoleculares dependen de la composición química del polímero y pueden ser de varias clases (Madruga, 1995 A).

### **2.13 Concepto y clasificación.**

Una macromolécula (o un polímero) es una especie química de muy elevado peso molecular. La palabra “polímero” deriva del griego *poly*, muchos; *meros*, parte (muchas partes).

Los polímeros son macromoléculas cuyo elevado tamaño se alcanza por la unión repetida de pequeñas moléculas denominadas monómeros. La unión se realiza en secuencia, una unidad después de otra, formando una cadena, en que cada unidad que se repite forma un eslabón, siendo el número de eslabones o número de unidades monoméricas el grado de polimerización (Madruga, 1995 A).

Además mientras que las sustancias sencillas poseen un único peso molecular, los polímeros presentan un peso molecular que es heterogéneo o polidisperso, por lo que, siempre que se habla de peso molecular en polímeros nos referimos a cantidades promedio.

Una cadena de polímero se describe especificando el tipo de unidad que se repite y su agrupamiento espacial. Las moléculas compuestas de unidades química y estereoquímicamente iguales se denominan homopolímeros. Cuando la cadena se compone de varios tipos de unidades repetitivas se denominan copolímeros (Madruga, 1995 A).

Las cadenas pueden unirse de varias formas, siempre conservando las reglas de valencia, por tanto dependiendo de la forma en que se unan los monómeros puede ser la forma geométrica de las macromoléculas:

1. Homopolímero lineal.
2. Molécula ramificada o no lineal.
3. Estructuras ramificadas.

Ahora bien, las cadenas lineales pueden estar formadas por diferentes clases de unidades estructurales. Tales cadenas denominadas copolímeros presentan propiedades dependiendo del tipo de unidad que lo forma y de la distribución a lo largo de la cadena, dependiendo de la unidad estructural pueden agruparse en (Madruga 1995 A) :

1. Copolímero alternante.
2. Copolímero de bloque.
3. Copolímero al azar.

#### **2.14 Formación de los polímeros (Polimerización).**

Las sustancias de bajo peso molecular con funcionalidad apropiada (monómeros) pueden convertirse en polímeros mediante reacciones de condensación o mediante reacciones de adición.

Aunque los métodos de síntesis se denominaron en un principio policondensación y poliadición, actualmente, se denomina polimerización por pasos y polimerización en cadena.

- a) Polimerización por pasos (policondensación).

Emplea dos monómeros difuncionales (o un monómero con dos grupos funcionales distintos). Para que en las reacciones de polimerización se alcancen

pesos moleculares razonables elevados es necesario que se cumplan tres funciones:

1. Perfecto balance estequiometrico de los monómeros.
2. Un alto grado de pureza de los monómeros.
3. La reacción responsable de la polimerización debe tener un alto rendimiento y no presentar reacciones laterales.

b) Polimerización en cadena (poliadición).

Los monómeros empleados en este tipo de polimerización contienen un doble enlace carbono-carbono que participa en la reacción. El mecanismo de polimerización consta de tres etapas (Madruga, 1995 B):

:

1. Iniciación.- una molécula denominada iniciador se descompone térmicamente o experimenta una reacción química que genera especies activas.
2. Propagación.- las especies activas generadas añaden otra unidad monomérica.
3. Terminación.- en esta etapa, la cadena en crecimiento termina por reacción con otra cadena en crecimiento.

Técnicas utilizadas en las reacciones de poliadición:

1. Polimerización de adición en masa.
2. Polimerización en solución.
3. Polimerización precipitante.
4. Polimerización en suspensión.
5. Polimerización en emulsión.- Fue empleada por primera vez durante la segunda guerra mundial en la producción de caucho sintético y actualmente es el proceso predominante en la obtención de poliactetato de vinilo, poliacrilatos, policloropreno y copolímeros de estireno.

Los componentes de una polimerización en emulsión son: monómero, agua, emulsificante e iniciador soluble en agua. El emulsificante, también llamado jabón o surfactante, es una molécula que presenta un grupo hidrofóbico y otro hidrofílico.

Cuando la concentración de emulsificante supera la concentración crítica micelar, las moléculas de emulsificante se unen unas a otras formando racimos coloidales que se denominan micelas.

Si un monómero insoluble, o ligeramente soluble, en agua se añade a la mezcla de reacción, una pequeña fracción de monómero se disuelve en el agua, otra pequeña fracción de monómero se solubiliza en el interior de las micelas y la mayor parte queda dispersada en forma de gotas, cuyo tamaño depende de la velocidad de agitación. Las gotas de monómero están estabilizadas con moléculas de emulsificante absorbidas.

El mecanismo de formación de partículas de polímero se produce mediante dos procesos simultáneos (Madruga, 1995 B):

:

1. La entrada de un radical desde la fase acuosa a la micela (nucleación micelar).
2. Nucleación homogénea, implica que los radicales oligoméricos se producen en solución acuosa y cuando alcanzan un cierto tamaño precipitan. Estas especies precipitadas se estabilizan absorbiendo moléculas de emulsificante y posteriormente absorben monómero convirtiéndose en partículas de polímero.

### **2.15 Empleo de los polímeros.**

Los tres usos comerciales más importantes de los polímeros son:

1. Hules.
2. Fibras.
3. Plásticos.

## **2.16 Polímeros de utilidad comercial (Madruga, 1995 B):**

- Dacrón (cintas de grabadora).
- Resinas alquídicas (fabricación de cascos para embarcaciones y carrocerías de automóviles o camiones).
- Nylon (alfombras, telas, cuerdas y partes de maquinaria).
- poliuretanos (fabricación de espumas flexibles como cojines, asientos de automóvil).
- Baquelita (balatas para frenos, mangos de cuchillos, fabricación de lijas).
- Acetato de polivinilo (de bajo peso molecular).- se emplean para mezclarlos con el chicle natural en la fabricación de goma de mascar

## **2.17 Polimerización en microemulsión.**

Si tratamos de mezclar agua y aceite mediante agitación vigorosa, observamos la formación de un sistema opaco con apariencia lechosa llamada emulsión.

Schulman hace 40 años observó que si se agregaba un alcohol de bajo peso molecular a una emulsión de agua, aceite y emulsificante, la apariencia lechosa desaparecía y el sistema se volvía transparente, debido a que las gotas de aceite dispersas en el agua tendían a romperse en gotas mucho más pequeñas al agregar el alcohol; por lo cual Schulman decidió nombrar a estas dispersiones transparentes de aceite en agua como microemulsiones.

Este proceso de polimerización se ha venido empleando desde los años ochenta como una extensión de los estudios realizados sobre el empleo de microemulsiones para la recuperación de petróleo.

Posteriormente Stoffer y Bone en el mismo año hicieron la primera polimerización en microemulsión de acrilato de metilo (MA) y metacrilato de metilo (MMA) en un sistema de agua en aceite (Cortez, 2006).

Por otra parte, uno de los primeros reportes sobre polimerización en micremulsión con acetato de vinilo es el de Nikitina y col. que trabajaron en un sistema aceite-agua (Cortez, 2006).

Mediante la polimerización en microemulsión, se puede obtener látex con mejores propiedades a los procesos de polimerización en solución, masa, suspensión, e incluso en emulsión, ya que las partículas obtenidas por microemulsión tienen un tamaño menor a 50 nm, con distribuciones de tamaños de partículas estrechas, alto peso molecular y un látex transparente; por tales motivos ha tenido aplicaciones en el área médica (microencapsulación y liberación de fármacos), biológica (biopolímeros) e industrial (recubrimientos de superficies, adhesivos, fotografías).

Algunas de las ventajas que presenta la polimerización en microemulsión con respecto a otros procesos de polimerización son:

- El control de temperatura de reacción es fácil.
- La velocidad de polimerización es mucho mayor que la que se obtiene por otros procesos.
- Se obtienen pesos moleculares grandes y altas velocidades de reacción al mismo tiempo.

### **2.18 Uso de poliacetato de vinilo como recubrimiento en tomate.**

En la actualidad hay pocos reportes sobre el uso de poliacetato de vinilo como recubrimiento en alimentos, y por consiguiente en tomate. Hagenmaier utilizó recubrimientos comestibles con polivinil acetato sobre frutas cítricas y manzanas, descubriendo que tenían mayor permeabilidad al oxígeno y vapor de agua que las cubiertas con un polietileno de baja densidad (Cortez, 2006).

## **2.19 Generalidades del tomate.**

El jitomate o “tomate rojo”, es la aportación vegetal de México más extendida mundialmente, además de considerársele como centro de su domesticación, siendo unas de las especies hortícolas más importantes de nuestro país, además de ser el principal producto de exportación, ya que representa el 37 por ciento del valor total de las exportaciones de legumbres y hortalizas; y el 16 por ciento del valor total de las exportaciones agropecuarias, solo superadas por el ganado vacuno (Anónimo 3, 2007).

Se considera que a nivel internacional, tan solo dos hortalizas (papa y tomate), contribuyen con el 50 por ciento de la producción en el mundo, y junto con las frutas ocupan en nuestros días el segundo lugar de los productos agropecuarios, apenas aventajadas por los cereales (Anónimo 3, 2007).

La aceptación que el tomate tiene en las diversas culturas del mundo, se evidencia por ser el segundo producto hortícola en el consumo mundial, lo cual nos indica el enorme valor que este cultivo representa no solo en el comercio, sino también en el sistema alimentario mundial.(Anónimo 3, 2007).

## **2.20 Taxonomía y morfología del tomate.**

Según Rodríguez y col. (1997); el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) pertenece a la familia de las solanáceas. Es una planta de porte arbustivo, puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Existen variedades de crecimiento determinado e indeterminado, se cultiva como anual (Aguilar, 2004).

## **2.21 Descripción del fruto.**

Chamorro (1995) clasifica al tomate, como una baya carnosa que se desarrolla a partir de un ovario de 5 a 10 mg; que puede alcanzar un peso en su madurez entre los 5 y 600 g contiene abundantes semillas cubiertas por una sustancia mucilaginoso llamada placenta, contenida en cavidades o lóculos. Las

características conocidas del tomate como tamaño, olor y sabor, son la expresión de solo el 5 por ciento del fruto, el resto es agua. (Aguilar, 2004).

### **2.22 Estructura del fruto.**

El fruto del tomate está constituido básicamente por el pericarpio, el tejido placentario y semillas. El pericarpio lo componen la pared externa, las paredes radiales o septos que separan los lóculos y la pared interna o columela. El fruto se origina de la pared del ovario y consta de un exocarpio o piel, un mesocarpio y el endocarpio.

### **2.23 Valor nutritivo.**

El fruto de tomate es una fuente de vitaminas C, A, B<sub>1</sub>, y B<sub>2</sub>, abundante en potasio y bajo en energía calorífica. En su madurez el fruto contiene un 95 por ciento de agua y el resto (5 por ciento) son sólidos. El 55 por ciento de los sólidos lo componen los azúcares (fructosa, glucosa, sacarosa); el 21 por ciento sólidos insolubles, alcohol, proteínas, celulosa, pectina, polisacáridos; el 12 por ciento ácidos orgánicos (cítrico, málico, galacturónico); el 7 por ciento compuestos inorgánicos (fósforo y potasio) y el 5 por ciento lo componen el ácido ascórbico, compuestos volátiles y aminoácidos. (Martínez, 2004).

### **2.24 Importancia de poscosecha en frutas y hortalizas.**

Los productos frescos, después de cosechados continúan con sus procesos vitales, pero sin recibir la protección, el agua y la nutrición de la planta, por lo que se ven obligados a consumir sus reservas, cuando éstas son agotadas se inicia un proceso de envejecimiento que conduce a la descomposición y putrefacción. Los principales procesos fisiológicos que conducen al envejecimiento son la respiración y transpiración.

Para la F.A.O. (1989), las frutas y hortalizas frescas reciben el nombre de productos perecederos, ya que tienen una tendencia a deteriorarse por razones fisiológicas, daño mecánico, calor, descomposición de tipo patológica provocadas

por hongos y bacterias. Estas pueden ocurrir en cualquier etapa del proceso de mercadeo, se pueden iniciar durante la cosecha; el acopio, distribución y finalmente cuando el consumidor compra y utiliza el producto.

Se estima que la magnitud de pérdidas poscosecha en frutas y hortalizas frescas llega hasta un 25 por ciento en países desarrollados y hasta un 60% en países en vías de desarrollo, dependiendo del producto. Todos los años se pierden millones de toneladas de cosechas en los países en desarrollo por un manejo y almacenamiento inadecuado siendo estos daños producidos por plagas, transporte y comercialización (F.A.O. 1989).

En los últimos diez años se han logrado sustanciales reducciones de las pérdidas poscosecha de granos básicos, carnes, productos lácteos y otros, pero los daños de frutas y hortalizas frescas escasamente se han reducido.

### **2.25 Factores previos a la cosecha que afectan la fisiología y manejo de poscosecha.**

El período de almacenamiento, respiración, transpiración, composición química, sabor, calidad y otros comportamientos y características de poscosecha, reflejan en parte las condiciones ambientales y de cultivo a las que ha sido expuesto el producto. Los factores ambientales incluyen: temperatura, humedad relativa, luz, textura del suelo, vientos y precipitación. Las influencias de cultivo son la nutrición mineral, manejo del suelo, poda, aclareo, reguladores de crecimiento, prácticas de riego, etc. estos factores ejercen su influencia en el logro de una calidad máxima en la cosecha (Pantastico, 1984).

### **2.26 Pérdidas poscosecha.**

Existen causas de las pérdidas poscosecha, las cuales pueden agruparse en primarias y secundarias (Martínez, 2004):

## Causas primarias.-

- a) Biológicas y microbiológicas: básicamente plagas y enfermedades.

Las enfermedades son una causa importante de pérdidas poscosecha, generalmente las pudriciones y lesiones de la superficie son ocasionadas por hongos fitopatógenos como *Alternaria* (pudrición negra), *Botrytis* (pudrición por moho gris), *Geotrichum* (pudrición ácida) y *Rhizopus* (pudrición algodonosa), la pudrición blanda bacteriana, causada por *Erwinia* spp.

- b) Químicas y bioquímicas:

Contaminación con pesticidas y productos químicos, oscurecimiento fenólico, toxinas y sabores desagradables producidos por enfermedades.

- c) Mecánicas:

Heridas, abrasiones, caídas y desgarres durante el corte.

- d) Medio ambiente:

Sobrecalentamiento, heladas y deshidratación.

- e) Fisiológicas:

Brotación, envejecimiento y cambios causados por la respiración y transpiración.

## Causas secundarias.-

- a) Secado o encerado inadecuado.
- b) Infraestructura de almacenamiento y/o mala administración.
- c) Transporte inadecuado.
- d) Planificación inadecuada de la producción y de la cosecha.
- e) Sistema de mercadeo inadecuado.

## 2.27 Índices de madurez y cosecha.

Según Aguilar (2004), para el mercado local, el tomate es cosechado cuando esta rosado o parcialmente rojo, y el de exportación es antes de que tome el color rosa (verde).

De acuerdo a la carta de colores de la United States Standards for grades of fresh tomatoes (U.S.D.A.), la clasificación subjetiva del estado de maduración de tomates se muestra en el cuadro 2 (Nuez, 2001).

Cuadro 2. Estados en la maduración del fruto de tomate (Basada en USDA, 1976; Rick, 1978)

Días post antesis *	% superficie sembrada	Denominación		Nº (USDA 1976)
		Español	Inglés	
30	0	verde maduro	mature green	1
36	< 10	rompiente	breaker	2
41	10-30	pintón	turning	3
45	30-60	rosa	orange	4
49	60-90	rojo claro	red firm	5
52	> 90	rojo maduro	red ripe	6

\* Tiempo aproximado en días, en condiciones de desarrollo óptimo, para frutos unidos a mata de variedades de Calibre M.

La mínima madurez para cosecha, se define en términos de la estructura interna del fruto: las semillas están completamente desarrolladas y no se cortan al rebanar el fruto; el material gelatinoso esta presente en al menos un lóculo y se esta formando en otros.

## 2.28 Madurez fisiológica y comercial.

El grado de madurez es el índice mas usado para la cosecha de frutos, en poscosecha madurez fisiológica y madurez comercial tienen significados completamente distintos, la primera se refiere al estado de desarrollo de la fruta. Todas las frutas necesitan un periodo mínimo de desarrollo antes de la recolección. Fruta madura es la que al momento de ser cosechada tiene o puede alcanzar propiedades comestibles aceptables. Una fruta puede ser

fisiológicamente madura pero no organolépticamente (Arthey y Ashurst, 1996). Comercialmente, la madurez comprende todos aquellos procesos que tienen lugar desde que inicia el cambio de color, tamaño, forma, textura, dureza y olor para su consumo (Sandoval, 1997).

## **2.29 Calidad del fruto.**

La calidad del tomate se basa en la uniformidad de forma, firmeza, sabor, valor nutritivo, color, ausencia de defectos de crecimiento y manejo, y una larga vida de almacenamiento, esto va a depender de la variedad, influencias climatológicas y prácticas culturales. El tamaño no es un factor que defina el grado de calidad, pero puede influir de manera importante en las expectativas de su calidad comercial.

## **2.30 Parámetros de calidad.**

### **2.30.1 Peso del fruto.**

La diferencia entre la humedad relativa del producto y la existente en su entorno, es la que provoca la transferencia de agua desde los frutos a la atmósfera que los rodea y, en consecuencia, produce pérdida de peso, marchitamiento y pérdida de calidad comercial, esto es consecuencia de factores ambientales y del propio fruto como tamaño, estado de madurez, permeabilidad de la epidermis, etc. (Nuez, 2001).

### **2.30.2 Sólidos solubles totales (°Brix).**

Osuna, (1983); define los °Brix como sustancias solubles en agua que reflejan el porcentaje de la calidad de sólidos totales que contiene los frutos. A mayor valor es más deseable, un valor mayor o igual a 4.0 es considerado bueno. Existiendo una correlación directa entre sólidos solubles y firmeza, a mayor concentración mayor firmeza.

Jones y Scott, (1983); señalan que el sabor del tomate esta determinado principalmente por los niveles de azúcar y ácidos, por lo que al incrementar éstos, aumenta también el sabor característico del fruto. Los azúcares glucosa y fructosa constituyen el 65 por ciento de los sólidos solubles, mientras que el resto está constituido por ácido cítrico y málico. Un aumento de sólidos solubles dará como consecuencia aumento en el sabor.

### **2.30.3 Firmeza.**

El conjunto de sustancias responsables de la dureza de los frutos (pectinas, celulosa, hemicelulosa, lignina, proteínas, cationes), en la fase de crecimiento sufren modificaciones importantes durante la maduración que conducen al ablandamiento de los tejidos y a su comestibilidad. Para el consumidor el factor mas importante es la firmeza (tacto), por lo que es importante que esta se conserve durante la comercialización en fresco (Aguilar, 2004).

### **2.30.4 Color.**

El color determina la aceptación en el mercado de la mayoría de las frutas así como su apariencia.

El cambio de color, se debe principalmente a la degradación de clorofilas, proceso que permite la percepción de otros pigmentos que ya se encontraban en el cloroplasto o que se sintetizan de nuevo en el proceso de la maduración, adquiriendo el fruto la coloración amarilla, roja, naranja. Estas coloraciones se deben a la presencia de carotenoides (amarillo, rojo), compuestos fenólicos pigmentados como flavonoides (amarillo) y antocianinas (rojos y azules) (Aguilar, 2004).

Los cambios de color tienen lugar en la piel y pulpa del fruto como consecuencia de las modificaciones de los pigmentos fotosintéticos. Para la determinación de la madurez sobre la base del color, se utilizan escalas visuales que ilustran el desarrollo o porcentaje de cubrimiento de la superficie del fruto con el color deseado o a través del uso de un colorímetro (Aguilar, 2004).

### **2.30.5 Respiración (desprendimiento de CO<sub>2</sub>).**

Todos los productos hortícolas respiran aun después de ser cosechados. La respiración consume oxígeno y produce bióxido de carbono y calor, por lo que para su conservación es conveniente considerar que:

- ❑ Las tasas respiratorias varían mucho según el producto de que se trate.
- ❑ La tasa respiratoria está relacionada con la vida de anaquel y la calidad del producto.
- ❑ Disminuir la temperatura reduce la respiración y mantiene la calidad.

Cuando cortamos un fruto u hortaliza no solo se suprime la entrada de agua y elementos nutritivos, si no que se producen cambios en su atmósfera interna, la intensidad de respiración del fruto aumenta en función directa con la temperatura del medio en el que se encuentre, los órganos que tengan una actividad respiratoria elevada, tendrán dificultades de conservación incluso durante periodos de tiempos cortos (Nuez, 2001).

### **2.30.6 Vitamina “C”.**

También conocida como ácido ascórbico, es una vitamina que el cuerpo del ser humano no la puede sintetizar, por lo que necesitamos ingerirla de alimentos que si la contienen. Esta vitamina es considerada como un antioxidante, fácilmente soluble en agua. El contenido de vitamina “C” en tomate varía de acuerdo a (Cortez, 2006):

- ❑ Su grado de madurez al ser cosechado.
- ❑ Almacenamiento poscosecha.

### **2.30.7 Ácido cítrico.**

El ácido cítrico se obtenía originalmente por extracción física del ácido del zumo de limón. Hoy en día la producción comercial de ácido cítrico se realiza sobre todo por procesos de fermentación que utilizan dextrosa o melaza de caña

de azúcar, como materia prima, y *Aspergillus niger* como organismo de fermentación.

En hortalizas los ácidos orgánicos son compuestos responsables de sabor más o menos ácido; entre ellos, el ácido cítrico el cual es mayoritario en hortalizas de hoja, remolacha o tomate (Anónimo 5, 2004).

## **2.31 Factores físicos y biológicos que afectan la calidad.**

### **2.31.1 Temperatura y respiración.**

En poscosecha la velocidad metabólica del fruto se puede controlar o minimizar descendiendo la temperatura de la pulpa; las velocidades de maduración y senescencia disminuyen también al enfriarlas, al igual que la presión de vapor de agua en los tejidos y la velocidad en que la fruta pierde agua. El descenso térmico frena la infección y retarda el desarrollo de la ya existente.

En el momento de proceder a la recolección del fruto cesa el suministro de agua y nutrimentos. La respiración aumenta la velocidad de maduración organoléptica, si se había iniciado ya en la propia planta por lo que la recolección en estado organolépticamente inmaduro, acorta, con frecuencia, el llamado periodo de vida verde o tiempo que tarda la fruta en iniciar la maduración organoléptica, estos efectos se pueden controlar mediante un adecuado manejo de temperatura (Hardenburg y col.1988).

Diversas frutas se conservan mejor a temperatura ambiente que a temperaturas que provocan que los tejidos se congelen (dependiendo del contenido de sólidos solubles), aunque la mayoría de las frutas se congelan a una temperatura de  $-1^{\circ}\text{C}$  o ligeramente más bajo, por lo que manteniendo temperaturas próximas al punto de congelación se puede incrementar la vida del producto. La temperatura óptima de almacenamiento de hortalizas se encuentra alrededor de  $0^{\circ}\text{C}$ .

Para lograr una mejor calidad en tomate se recomiendan distintos grados de temperatura para las diferentes etapas de madurez que son (Nuez, 2001):

- Verde Maduro: 12.5 -15°C.
- Rojo Claro: 10 -12.5°C.
- Maduro Firme: 7-10°C de 3 a 5 días.

Los tomates Verde Maduro pueden almacenarse a 12.5°C durante 14 días antes de madurarlos sin reducción significativa de su calidad sensorial y desarrollo de color. La pudrición puede aumentar si se les almacena más de dos semanas a esta temperatura. Después de alcanzar el estado Maduro Firme, la vida es generalmente de 8 a 10 días si se aplica una temperatura dentro del intervalo mencionado. Durante la distribución comercial es posible encontrar que se aplican temperaturas de tránsito o de almacenamiento de corto plazo inferiores a lo recomendado, pero es muy probable que ocurra daño por frío después de algunos días. Se ha demostrado que se puede extender la vida de almacenamiento del tomate con la aplicación de atmósfera controlada (Trevor y Cantwell, 2002).

### **2.31.2 Daño por frío.**

Cada producto presenta una temperatura óptima para su maduración y otra para su conservación. Los tomates son sensibles al daño por frío a temperaturas inferiores a 10°C si se les mantiene en estas condiciones durante 2 semanas o a 5°C por un período mayor a los 6-8 días. Los síntomas del daño por frío son alteración de la maduración (incapacidad para desarrollar completo color y pleno sabor, aparición irregular del color o manchado, suavización prematura), picado (depresiones en la superficie), pardeamiento de las semillas e incremento de pudriciones (especialmente pudrición negra, causada por *Alternaria* spp.), aumento de producción de CO<sub>2</sub> y etileno. El daño por frío es acumulativo y puede iniciarse en el campo antes de la cosecha (Nuez, 2001).

### **2.31.3 Humedad relativa.**

Durante el almacenamiento la humedad relativa alta (90-95 por ciento para tomate) es esencial para maximizar la calidad poscosecha ya que previene la pérdida de agua (deseccación), minimiza la transpiración y degradación de las pectinas; además, en algunos frutos, ayuda a mantener su vigor y retardar la senescencia. Por otra parte los períodos prolongados de elevada humedad o la condensación pueden incrementar las pudriciones de la cicatriz del pedúnculo (la zona de separación del fruto con el pedúnculo es responsable de casi el 90 por ciento de la pérdida de agua en tomates sanos) y de la superficie del fruto así como agrietar la piel, etc.

La importancia de la humedad relativa de la cámara deriva del hecho de que las pérdidas de agua durante el almacenamiento son proporcionales al gradiente de presión de vapor entre la fruta y el aire del entorno. A medida que la humedad del aire de la cámara se va acercando al interior de la fruta, las pérdidas de agua van disminuyendo (Trevor y Cantwell, 2002).

### **2.31.4 Etileno.**

El etileno es un regulador natural del crecimiento de las plantas por lo que es sintetizado por ellas mismas, en frutos es importante como promotor de la abscisión (caída del rabo), la maduración y la senescencia. El etileno debilita la unión de las frutas al rabo de las mismas, preparándolas para el desprendimiento de la planta o para su recolección, es empleado con frecuencia como tratamiento para madurar o desenverdecer las frutas. Los tomates son sensibles al etileno presente en el ambiente y, la exposición de los frutos verde maduro a este gas inicia su maduración. Los tomates madurando producen etileno a una tasa moderada por lo que no deben almacenarse o transportarse con productos sensibles al etileno como las lechugas y los pepinos (Trevor y Cantwell, 2002).

## **2.32 Medidas de control para mantener la calidad del fruto.**

### **2.32.1 Conservación frigorífica.**

Para establecer las condiciones de conservación frigorífica del tomate, debe tenerse en cuenta el estado de maduración. Los tomates en estado verde maduro deben conservarse a 12-15°C y 85-90 por ciento de humedad relativa, mientras que los tomates maduros deben conservarse a temperaturas inferiores 10-12°C. La duración del periodo de conservación está limitada por la aparición de numerosas alteraciones, tanto de origen microbiano como fisiológico; en función del grado de maduración la conservación puede prolongarse desde unos pocos días hasta un máximo de 4-6 semanas. Se deben evitar temperaturas inferiores a las indicadas con el fin de evitar daño por frío, además de que el producto debe colocarse con una separación de 100 mm entre las paredes, suelo y espacios para permitir que el aire se mueva libremente (Nuez, 2001).

### **2.32.2 Atmósferas controladas.**

Como alternativa al empleo de temperaturas inferiores a 10-12°C, en la conservación de tomates se ha propuesto el almacenamiento en atmósferas controladas.

Las condiciones óptimas para la conservación de tomate verde maduro establecen una atmósfera con 3-5 por ciento de O<sub>2</sub> y 2-3 por ciento de CO<sub>2</sub> a una temperatura de conservación entre 12 y 20°C, mientras que para tomate maduro, se mantiene el nivel de O<sub>2</sub> (3-5 por ciento) pero la concentración de CO<sub>2</sub> se puede elevar a 3-5 por ciento y bajar la temperatura hasta 10-15°C.

Estas condiciones de conservación permiten reducir la evolución de la maduración, la intensidad de la respiración y la producción y acción del etileno. El almacenamiento fuera de estos límites, y en función de la duración de la conservación y de la temperatura, producirá alteraciones o lesiones. Como consecuencia de bajos niveles de O<sub>2</sub> se produce maduración lenta e irregular, junto a sabores desagradables, así como desarrollo de manchas pardas de forma irregular. Concentraciones de CO<sub>2</sub> superiores a las recomendadas provocan decoloración, reblandecimiento prematuro, maduración irregular y formación de podredumbre apical (Nuez, 2001).

### **2.32.3 Atmósferas modificadas.**

La conservación de frutos en atmósferas modificadas exige una gran inversión en cámaras y equipos, además de que su utilización se ve limitada en el transporte distribución y venta. Sin embargo gracias al desarrollo de nuevos materiales poliméricos y nuevos sistemas de tratamiento de las películas, ha sido posible el empleo de conservación del producto en envases de pequeña capacidad con un control menos estricto de la composición de la atmósfera.

El envasado en atmósferas modificadas constituye un sistema en el que la respiración de los tomates y la transferencia de los gases a través del recubrimiento se producen simultáneamente, por lo tanto el flujo de entrada a través del recubrimiento o película, debe ser equivalente a la intensidad de consumo de oxígeno por el fruto, y del mismo modo, el flujo de CO<sub>2</sub> emitido en la respiración debe ser igual a la cantidad que sale de la película.

Mediante el empaquetado en atmósfera modificada de tomates parcialmente maduros y con el empleo de películas adecuadas (permeabilidad), es posible alcanzar atmósferas de equilibrio con concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> alrededor del 4-6 por ciento, condiciones con las que se retarda la maduración y se incrementa la vida comercial de los frutos sin pérdida de calidad (Nuez, 2001).

### **2.33 Generalidades sobre la gobernadora (*Larrea tridentata*).**

*L. tridentata* es un arbusto perenne xerófito siempre verde, de los desiertos Chihuahuense, Sonorense y Mojave de Norteamérica. Sus hojas contienen una espesa resina que se comporta como un antitranspirante debido a que forma una barrera que disminuye la transpiración (Lira, 2003).

#### **2.33.1 Constituyentes fitoquímicos.**

Los principales compuestos en la resina de *L. tridentata* son numerosos, sin embargo; destacan por su mayor contenido en base al peso seco del follaje los lignanos fenólicos, seguidos por las saponinas, flavonoides, aminoácidos y

minerales. El compuesto más importante que se encuentra en la resina es el ácido nordihidroguaiarético (NDGA), uno de los antioxidantes mejor conocido.

Se ha determinado que este ácido tiene propiedades como antioxidante, antiinflamatorio, antimicrobial e inhibidor de enzimas, la concentración de NDGA es de cerca del 50 por ciento de la resina que forma parte de un 10 a 15 por ciento del peso seco de las hojas (Lira, 2003).

### **2.33.2 Propiedades antifúngicas así como efecto bactericida, nematocida y antiviral de *L. tridentata*.**

Numerosos estudios han demostrado que los extractos de gobernadora tienen acción antifúngica bajo condiciones *in vitro*, en al menos 17 hongos fitopatógenos de importancia económica, de igual manera, extractos y material vegetativo molido en polvo e incorporado al suelo han confirmado inhibir o controlar *in vivo* 6 hongos en cultivos. También, se ha demostrado el efecto nematocida o nematostático de *L. tridentata* contra nueve géneros de nematodos y repelencia en un insecto.

Por otra parte bioensayos con microorganismos que atacan a humanos han indicado que, mas de 45 bacterias son susceptibles a la resina de *L. tridentata* o sus constituyentes, así como 10 levaduras, 9 hongos y 3 parásitos intestinales (Lira, 2003).

### **III MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Localización.**

La investigación se llevó a cabo en la planta piloto #2 del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), así como en el laboratorio de Poscosecha del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ambos ubicados en Saltillo, Coahuila.

#### **3.2 Material vegetal.**

El tomate empleado en el experimento fue un híbrido para producción en invernadero, variedad Gabriela con una resistencia mediana, madurez tardía, con peso entre 120 y 180 g en promedio, muy buena firmeza, vida muy prolongada con resistencia a nemátodos y para ciclos otoño, invierno y primavera temprana, la semilla pertenece a la casa comercial Hazera Genetics Ltd. y fue cultivado y cosechado en los invernaderos del Departamento de Agropásticos de CIQA, de donde se proporcionó el material.

### 3.3 Descripción de los tratamientos.

Se evaluaron 12 tratamientos con seis repeticiones cada uno, con un total de 72 unidades experimentales, como se describe a continuación:

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos aplicados a frutos de tomate

#	Tratamiento	Condiciones de almacenamiento	Tiempo de almacenamiento (días)	Número de repeticiones
---	-------------	-------------------------------	---------------------------------	------------------------

1	*SR	*TA	7	6
2	SR	*TC	7	6
3	SR	TA	14	6
4	SR	TC	14	6

5	*LT	TA	7	6
6	LT	TC	7	6
7	LT	TA	14	6
8	LT	TC	14	6

9	*LE	TA	7	6
10	LE	TC	7	6
11	LE	TA	14	6
12	LE	TC	14	6

72 unidades experimentales

\*SR = sin recubrimiento.

\*LT = látex de poliacetato de vinilo.

\*LE = látex de poliacetato de vinilo combinado con extracto hidrosoluble de resina de gobernadora.

\*TA = Temperatura ambiente (23-25°C) y 37-62% de humedad relativa.

\*TC = Cámara con temperatura controlada a 21°C y 60% de humedad relativa.

Se evaluaron las muestras a los 7 y 14 días después de la fecha de recubrimiento, tomando para cada evaluación seis muestras de cada tratamiento en forma completamente al azar.

### **3.4 Parámetros de calidad evaluados.**

Brillo y color (espacio de color L\* a\* b\*).

Firmeza (kg /cm<sup>2</sup>).

Sólidos solubles totales (° Brix).

Vitamina C.

Ácido cítrico.

Pérdida de peso.

Respiración (µmol/mol).

### **3.5 Metodología Experimental.**

El experimento se realizó en dos etapas que se describen a continuación:

#### **3.5.1 Primera etapa:**

##### **3.5.1.1 Obtención de polímero (poliacetato de vinilo).**

Para la obtención del látex de poliacetato de vinilo (PVAc), se utilizó el procedimiento descrito por Cortez (2006), que incluye los reactivos, materiales y el equipo para polimerizar en un proceso semicontinuo, la descripción de la purificación y destilación del acetato de vinilo (VAc), calibración de la bomba dosificadora, desgasificación del VAc inicial y adicional, preparación y desgasificación de la solución micelar, y por último la polimerización en proceso semicontinuo del VAc. Así también, se incluye la metodología para la determinación de diámetro promedio de partícula y pesos moleculares del polímero obtenido, mediante el empleo de un dispersor de luz cuasielástica (QLS) Malvern 4700, equipado con un láser de argón (de longitud de onda=488nm), y un cromatógrafo de permeación en gel (GPC) respectivamente. La concentración de

sólidos del PVAc para la presente investigación fue de 23 por ciento y no de 42 por ciento como en la técnica original.

### **3.5.1.2 Caracterización del extracto hidrosoluble de resina de gobernadora a 2000 ppm.**

La cantidad de sólidos presentes en el extracto de resina para ajustarla a 2000 ppm se determinó por gravimetría como se detalla a continuación:

Se tara una charola de aluminio sola, se tara y se agrega una pequeña cantidad de extracto de resina la cual tiene una consistencia líquida debido a que se encuentra en una solución de metanol, se registra el peso y se coloca en la estufa con el fin de que se volatilicen compuestos inflamables, evitar que se incendie la muestra y/o provoque un accidente y a la vez obtener el extracto puro (la resina de gobernadora ya seca).

Se deja por espacio de 12 horas, al concluir el tiempo se pesa y se compara con el peso inicial, si los datos son muy distantes entre si se vuelve a colocar a la estufa por periodos cortos de tiempo (20 min), se saca y se pesa, esta operación se repite las veces que sean necesarias hasta que los pesos sean constantes.

Una vez que se logra lo anterior, se prepara una solución con agua destilada a 2000 ppm a través de una serie de cálculos que se describen más a detalle en el Anexo I.

### **3.5.1.3 Selección de muestras (tomates).**

Para el desarrollo del experimento se tomaron en cuenta características de color, tamaño y uniformidad, cuidando que no tuvieran algún tipo de daño físico que pudiera afectar el tratamiento. A continuación se lavaron los frutos sin utilizar jabón, eliminando la tierra o polvo superficial para después secarlos perfectamente a temperatura ambiente.

Los tomates utilizados en los experimentos fueron cosechados en estado inmaduro por lo que presentan una coloración verde (Figura 1).



Figura 1. Muestras de tomate para el experimento.

#### **3.5.1.4 Recubrimiento de tomates con PVAc.**

Una vez que los tomates están completamente secos se dividen al azar por tratamientos con sus respectivas repeticiones (Figura 2), se marcan y pesan en una balanza digital OHAUS modelo GT 8000 (Figura 3).



Figura 2. División por tratamientos



Figura 3. Marcado y pesado de muestras

Enseguida con una brocha de 25.4 mm de longitud, se aplica una capa delgada y uniforme del látex sobre la superficie de cada tomate, se dejan secar por espacio de quince minutos, transcurrido el tiempo; se asperja la solución de resina a los tratamientos que la llevan con ayuda de un atomizador (Figura 4).



Figura 4. Recubrimiento con látex y resina.

Se espera a que seque y se almacenan de acuerdo al número de tratamiento a temperatura ambiente (Figura 5) por espacio de catorce días y en cámara en condiciones controladas a una temperatura de 21°C y 60 por ciento de humedad relativa (Figura 6) por el mismo período de tiempo. A la par se lleva un registro para ambas condiciones de almacenamiento en la que se anota hora de entrada, temperatura, humedad relativa, así como sus respectivas observaciones.



Figura 5. Temperatura ambiente.



Figura 6. Cámara con temperatura y humedad controlada.

El mismo día en que se realizan los recubrimientos de los tratamientos, se recubren aparte seis muestras que funcionan como testigos (dos sin recubrimiento, dos cubiertas con látex y dos cubiertas con látex más extracto de resina de gobernadora) posteriormente, ese mismo día se hacen pruebas (solamente a los testigos) de color y peso, únicamente a los tomates con cubierta y, a las muestras sin recubrimiento, se evalúa: peso, color, firmeza, sólidos solubles totales, vitamina C y ácido cítrico. A las seis muestras se les mide la respiración.

### 3.5.2 Segunda etapa:

#### 3.5.2.1 Análisis de muestras (variables evaluadas).

A los siete días de almacenado se eligieron en forma completamente al azar seis repeticiones de cada tratamiento, se hicieron pruebas de color, firmeza, sólidos solubles totales, vitamina C y ácido cítrico, así mismo se midió la respiración a una repetición de cada tratamiento eligiéndolo al azar. Al final del almacenamiento (a los catorce días), se vuelven a realizar las pruebas antes mencionadas al resto de las repeticiones de los tratamientos.

Para el caso de pérdida de peso se evaluó un lote aparte, como se indica a continuación:

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Condiciones de almacenamiento	Repeticiones
SR	TA	6
	TC	6
LT	TA	6
	TC	6
LE	TA	6
	TC	6

Se registra el primer peso al momento de ser cubiertos (17 de noviembre de 2006), la segunda evaluación de pérdida de peso fue a los siete días (24 de noviembre de 2006) y el último registro de peso a los catorce días después de ser cubierto (30 de noviembre 2006).

A continuación se describe el equipo y procedimiento utilizado para cada una de las pruebas:

### **3.5.2.2 Determinación de pérdida de peso.**

La medición de esta variable se realizó en una balanza digital OHAUS modelo GT 8000 registrando los pesos al momento de ser recubierto, a los siete y catorce días. Como ya se mencionó esta evaluación fue para un lote independiente del experimento y el peso fue registrado en gramos (Figura 7).



Figura 7. Balanza digital para pesado de muestras.

### 3.5.2.3 Determinación de color.

Se utilizó un colorímetro Minolta modelo CR300 para medir el cambio de color que se obtenía conforme transcurrían los días, esto se hizo tomando dos lecturas en lados opuestos de la zona ecuatorial del tomate (Figura 8 y 9).



Figura 8. Colorímetro Minolta CR-300.



Figura 9. Lectura de muestra.

Para la interpretación de los resultados se usó el diagrama de cromaticidad (Figura 10), para el espacio de color  $L^* a^* b^*$  que representa:

L= luminosidad

a y b = coordenadas de cromaticidad

a (+) = indica color rojo

a (-) = indica color verde

b (+) = indica color amarillo

b (-) = indica color azul

A mayor valor numérico mayor coloración o luminosidad (brillo), a menor valor numérico menor intensidad de color o luminosidad (opaco).

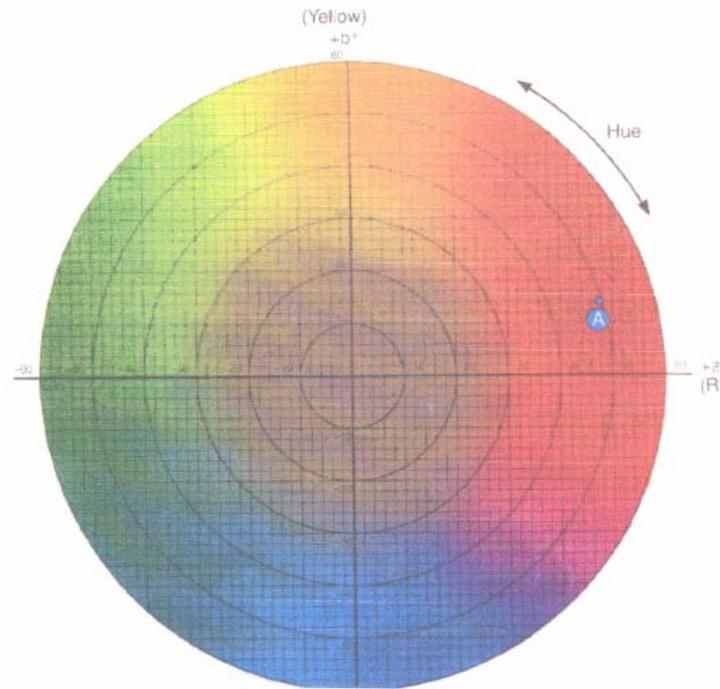


Figura 10. Diagrama de cromaticidad.

#### **3.5.2.4 Determinación de sólidos solubles totales.**

El porcentaje de sólidos solubles totales (S.S.T.) fue determinado con un refractómetro manual marca Atago modelo ATC-1E con una escala de 0 a 32°Brix (Figura 11). Se utilizó el jugo de tomate recién extraído, colocando una gota en el prisma del refractómetro. La medición se hizo a través del ocular y el valor se registró en °Brix.



Figura 11. Refractómetro

### **3.5.2.5 Determinación de firmeza.**

Para determinar la firmeza se utilizó un penetrómetro manual marca EFEGI modelo FT-011 con puntilla de 8 mm y una área de  $0.5 \text{ cm}^2$  de diámetro y una escala de 0.2 a 5 kg por lo que los datos fueron reportados en  $\text{kg/cm}^2$ . El penetrómetro fue montado sobre un soporte IRC para pruebas manuales, con el fin de aplicar presión a un ritmo controlado e invariable y a un ángulo constante con respecto a la fruta, es decir verticalmente hacia abajo (Figura 12).

La firmeza nos sirve para medir la resistencia que opone el fruto a la penetración del mismo.



Figura 12. Penetrometro manual EFEGI

### 3.5.2.6 Determinación de respiración.

Se utilizó un analizador de CO<sub>2</sub> /H<sub>2</sub>O LI-COR Modelo 6262 IRGA (Infrared Gas Analyzer), colocando el fruto dentro de un frasco de vidrio, cerrándolo y sellándolo perfectamente con una película de parafilm para evitar la entrada de oxígeno; la tapa del frasco cuenta con un orificio en el centro donde se encuentra un pequeño tubo de cobre el cual está fijado a la tapa, sobre este tubo es insertada la manguera que finalmente se conecta al analizador de CO<sub>2</sub> (Figura 13). Los datos se registraron en micromoles de CO<sub>2</sub> por mol de aire (μmol/mol).

Cabe aclarar que se graficó directamente con los datos obtenidos del analizador CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O sin realizar ningún tipo de cálculo o análisis estadístico, por lo que las graficas (ambiente y cámara) pueden no ser del todo precisas.



Figura 13. Analizador de CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O

### 3.5.2.7 *Determinación de vitamina "C".*

Fue determinado por el método de reactivo de Thielmann.



Figura 14. Titulación con reactivo de Thielman.

### 3.5.2.8 *Determinación de ácido cítrico.*

El contenido de ácido cítrico se determinó por medio de titulación con NaOH 0.1 N



Figura 15. Titulación con NaOH 0.1 N

Para la realización de las pruebas antes mencionadas, se siguieron los procedimientos respectivos para cada prueba, de acuerdo al *Manual de Prácticas de Cosecha y Poscosecha* del Laboratorio de Poscosecha del Departamento de Horticultura perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

### 3.6 Diseño y modelo experimental.

Los resultados se discutieron con base a un análisis de varianza (ANVA) en el cual se utilizó el paquete computacional MINITAB para las variables evaluadas, de acuerdo con un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial: “ $p \times q \times c$ ”, cuyos factores fueron:

Cuadro 5. Niveles y descripción de los niveles evaluados

Niveles	Descripción
A) Aplicación del tratamiento 3	1 Sin recubrimiento. 2 Látex de poliacetato de vinilo. 3 Látex de poliacetato de vinilo combinado con extracto de resina de gobernadora a 2000 ppm.
B) Condiciones de almacenamiento. 2	1 Temperatura y humedad relativa ambiente. 2 Temperatura y humedad relativa controlada.
C) Tiempo de almacenamiento 2	1 = 7 días. 2 = 14 días.

Se observó el efecto del factor A, el efecto del factor B y el efecto del factor C, así como la interacción entre los tres factores y sus combinaciones.

La comparación múltiple entre medias para cada una de las variables fue mediante la prueba de Tukey, según el nivel de significancia que se manifestó en el análisis de varianza.

### 3.6.1 Modelo experimental.

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} (\alpha\gamma)_{ik} (\beta\gamma)_{jk} (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

$i = 1, \dots, p$

$j = 1, \dots, q$

$k = 1, \dots, c$

$l = 1, \dots, r_{ijk}$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Valor o rendimiento observado con el  $i$ -ésimo nivel del factor A,  $j$ -ésimo nivel del factor B,  $k$ -ésimo nivel del factor C,  $l$ -ésima repetición.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor A.

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo nivel del factor B.

$\gamma_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo nivel del factor C.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción en el  $i$ -ésimo nivel del factor A,  $j$ -ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\gamma)_{ik}$  = Efecto de la interacción en el  $i$ -ésimo nivel del factor A,  $k$ -ésimo nivel del factor C.

$(\beta\gamma)_{jk}$  = Efecto de la interacción en el  $j$ -ésimo nivel del factor B,  $k$ -ésimo nivel del factor C.

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$  = Efecto de la interacción en el  $i$ -ésimo nivel del factor A,  $j$ -ésimo nivel del factor B,  $k$ -ésimo nivel del factor C.

$\epsilon_{ijkl}$  = Efecto del error experimental en el  $i$ -ésimo nivel del factor A,  $j$ -ésimo nivel del factor B,  $k$ -ésimo nivel del factor C,  $l$ -ésima repetición.

$p$  = Número de niveles del factor A.

$q$  = Número de niveles del factor B.

$c$  = Número de niveles del factor C.

$r_{ijk}$  = Número de repeticiones en el  $i$ -ésimo nivel del factor A,  $j$ -ésimo nivel del factor B,  $k$ -ésimo nivel del factor C.

## IV RESULTADOS Y DISCUSION

### ***4.1 Peso Molecular y Diámetro de Partícula***

Los pesos moleculares del látex de poliacetato de vinilo con un contenido de sólidos de 23%, tuvieron un promedio en número  $M_n = 14600$  y promedio en peso  $M_w = 31100$ . Por otra parte los diámetros de partículas, tuvieron un promedio de 53.6 nm con un índice de polidispersidad de 0.148, con igual contenido de sólidos.

### ***4.2 Luminosidad (L)***

Los resultados obtenidos de acuerdo al análisis de varianza para luminosidad (L), muestran diferencias estadísticas altamente significativas (0.01 %), únicamente para el factor días, presentando mejores resultados para la primera fecha de evaluación a los 7 días, como se muestra en la Figura 16, mientras que para el tipo de recubrimiento así como para las condiciones de almacenamiento, no se encontraron diferencias significativa (Cuadros 6 y 7 del Anexo II).

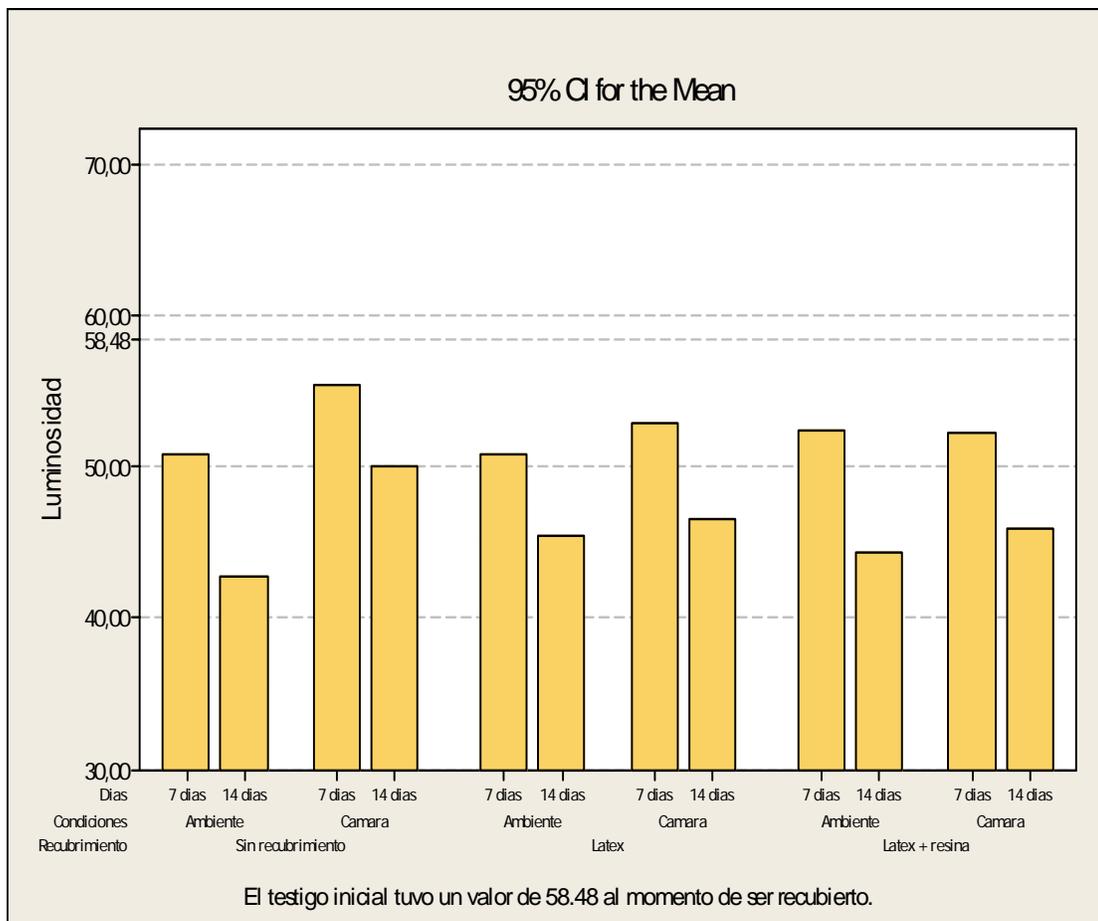


Figura 16. Grafica de la variable luminosidad (L) en tomate.

Además se compararon los datos de los tratamientos contra un testigo inicial (luminosidad), el cual tuvo un valor promedio de 58.48 (valor por encima de los tratamientos), como se observa en la Figura 16, lo que nos demuestra que, a través del tiempo, la luminosidad en los tomates fue siendo menor a los siete y catorce días, independientemente del recubrimiento y condiciones de almacenamiento. Sin embargo; también existe una diferencia notable entre los tomates almacenados en cámara y en ambiente, conservando un mayor grado de luminosidad los primeros, a excepción del tratamiento látex mas resina en el cual se mantuvo muy similar para ambas condiciones.

Pantastico (1984), menciona que para poder restaurar las cubiertas naturales del fruto y proporcionarles luminosidad o brillo es necesaria la aplicación de cubiertas de origen natural o artificial con lo que además de darles luminosidad se da protección contra microorganismos que causan la pudrición.

La Figura 17, muestra la comparación de medias a través de la prueba de Tukey para el factor “días”, mostrando una diferencia altamente significativa (Cuadro 8 del Anexo II) respecto a los siete y catorce días, teniendo mayor luminosidad a los siete días.

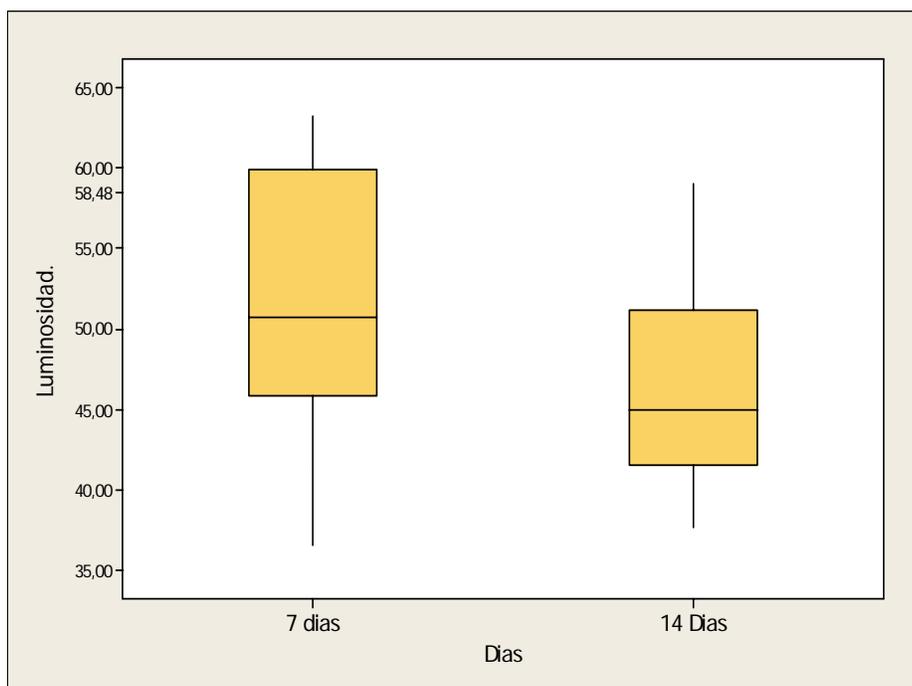


Figura 17. Comparación de medias para el factor “días” en la variable luminosidad en tomate.

#### **4.3 Color**

Los resultados obtenidos de acuerdo al análisis de varianza para color, muestran diferencias altamente significativas (con un nivel de significancia de 0.01 %), únicamente para el factor días, presentando una mayor pigmentación roja para la segunda fecha de evaluación, como se muestra en la Figura 18, mientras que para el tipo de recubrimiento y condiciones de almacenamiento no se encontró significancia (Cuadros 9 y 10 del Anexo II), es decir los tratamientos son estadísticamente iguales por lo que no hay diferencia entre ellos.

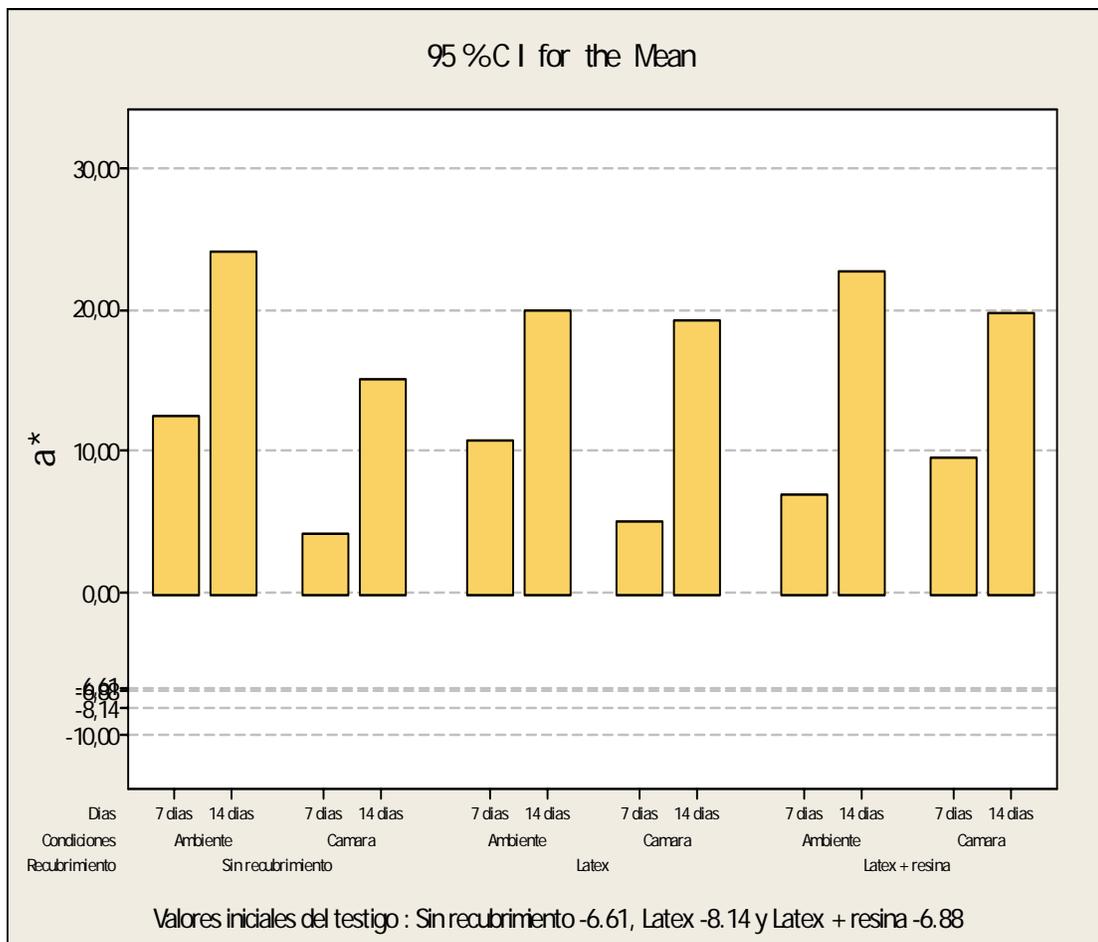


Figura 18. Grafica de la variable color en tomate.

Se compararon los tratamientos contra un testigo inicial (Figura 18), como era de esperarse el testigo reporta valores negativos para  $a^*$  ( $-a^*$  indica color verde), sin embargo; el valor de  $a^*$  aumentó considerablemente (cambio de coloración verde a rojo), a los siete y obviamente a los catorce días, puesto que es un proceso fisiológico natural. Estos resultados concuerdan con Aguilar (2004), donde establece que el cambio de color, se debe principalmente a la degradación de clorofilas, proceso que permite la percepción de otros pigmentos que ya se encontraban en el cloroplasto o que se sintetizan de nuevo en el proceso de la maduración, adquiriendo el fruto la coloración amarilla, roja o naranja.

El aumento de color rojo o de valores de  $a^*$  positivos en los tratamientos, nos hacen suponer que el recubrimiento de tomates con el polímero, no retarda los procesos de maduración, aunque hay que mencionar que, según la Figura 18, los tratamientos sin recubrimiento y látex, almacenados en cámara a los 7 días

presentan una menor pigmentación roja que los demás. La Figura 19 muestra la comparación de medias a través de la prueba de Tukey para el factor “días”, mostrando una diferencia altamente significativa (Cuadro 11 del Anexo II), respecto a los siete y catorce días, teniendo un mayor color  $a^*$  a los catorce días.

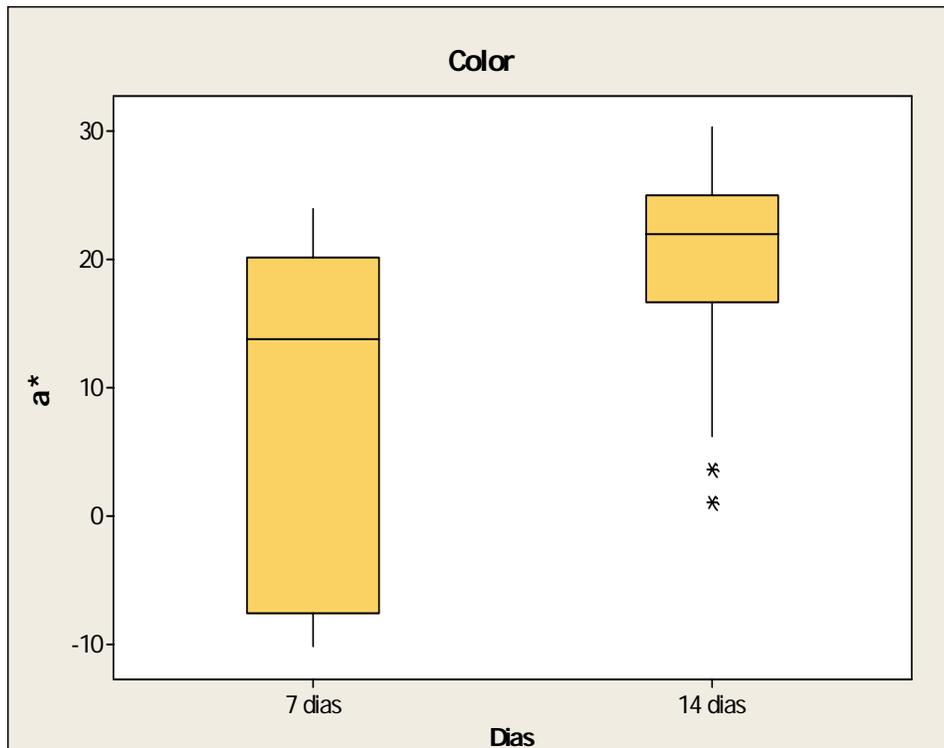


Figura 19. Comparación de medias para el factor “días” y la variable color.

#### 4.4 Firmeza

El ANVA detectó diferencia altamente significativa (0.01%) para el factor días, teniendo menor pérdida de firmeza a los 7 días de almacenamiento (Figura 20), por otra parte es significativo (0.05%) para las condiciones de almacenamiento, donde los tratamientos almacenados en cámara tuvieron una mayor firmeza. Para el tipo de recubrimiento no hubo significancia, es decir los recubrimientos son estadísticamente iguales (Cuadros 12 y 13 del Anexo II).

En comparación con el testigo inicial, con un valor de 4.03 kg/cm<sup>2</sup>, la firmeza disminuyó conforme avanzó el grado de madurez del fruto, conclusiones similares a las obtenidas por Aguilar (2004), quién menciona que, el conjunto de

sustancias responsables de la dureza de los frutos (pectinas, celulosa, hemicelulosa, lignina, proteínas, cationes), en la fase de crecimiento sufren modificaciones importantes durante la maduración que conducen al ablandamiento de los tejidos y a su comestibilidad. Aunque hay que hacer mención que los tomates sin recubrimiento y con látex y almacenados en cámara, fueron los que mantuvieron una mejor firmeza a los 7 días (Figura 20).

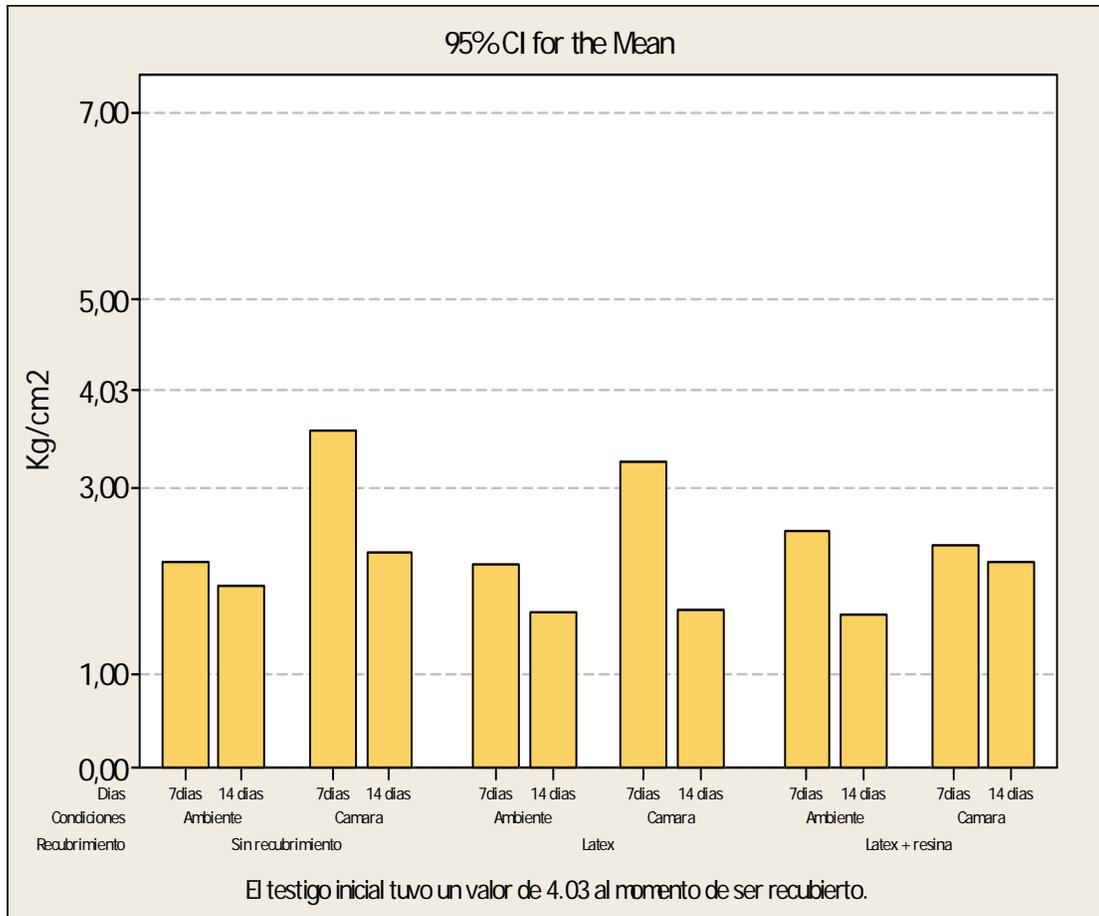


Figura 20. Grafica de la variable firmeza en tomates.

La comparación de medias para las condiciones de almacenamiento (Figura 21), muestra una diferencia significativa (0.05%), según el ANVA (Cuadro 14 del Anexo II), teniendo menor pérdida de firmeza en cámara, donde existe control sobre la temperatura (21°C) y humedad relativa (60%), lo cual no sucede bajo condiciones ambientales donde existe una constante variación del clima aún y cuando se mantuvieron dentro de un laboratorio.

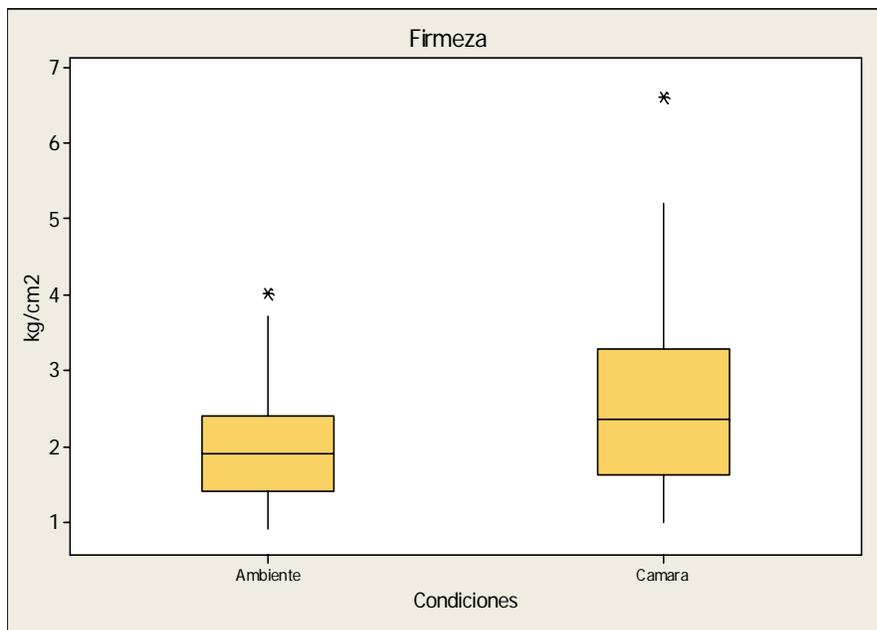


Figura 21. Comparación de medias entre las condiciones de almacenamiento para la variable firmeza.

La comparación de medias para los días de almacenamiento (Figura 22), muestra una diferencia altamente significativa, (Cuadro 15 del Anexo II), en relación al tiempo en que se mantuvieron en observación los tomates, presentando mejor firmeza a los primeros 7 días de almacenamiento, como era de esperarse la firmeza del fruto disminuyó conforme transcurrió el tiempo y a su vez su grado de madurez aumentó.

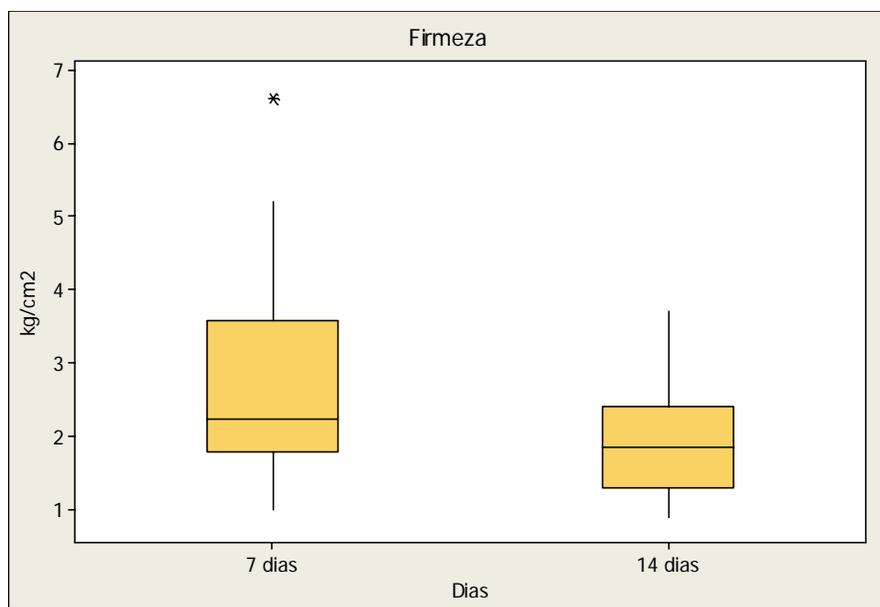


Figura 22. Comparación de medias entre los días de almacenamiento para la variable firmeza.

#### 4.5 Sólidos solubles totales (S.S.T.)

Para el porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix), el análisis de varianza, no encontró ninguna diferencia estadísticamente significativa entre el tipo de recubrimiento, condiciones y tiempo de almacenamiento (Cuadros 16 y 17 del Anexo II), es decir que los tratamientos se comportan de manera muy similar.

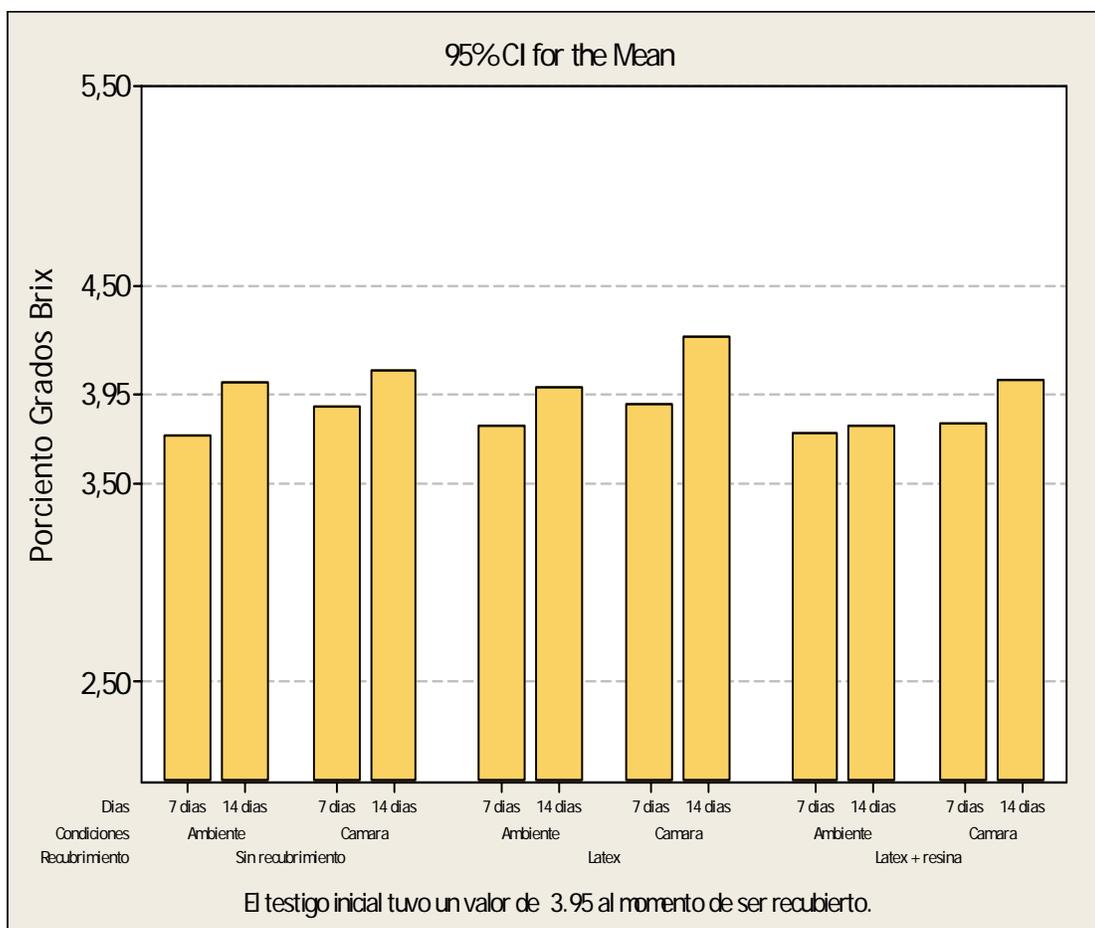


Figura 23. Grafica de la variable sólidos solubles totales en tomates.

En la comparación con el testigo inicial, con un valor de 3.95 (Figura 23), los tratamientos presentan una concentración de sólidos solubles totales menor para la primera fecha de evaluación; sin embargo, en la segunda evaluación, la concentración de sólidos es levemente superior al testigo, a excepción del tratamiento látex mas resina en condiciones ambientales, el cual fue menor (Cuadro 17 del Anexo II).

Por lo tanto, el aumento en la concentración de sólidos solubles totales nos dará un mejor sabor y firmeza en el fruto, tal y como lo define Osuna, (1983) donde menciona que, un valor mayor o igual a 4.0 de sólidos es considerado bueno, además de que existe una correlación directa entre sólidos solubles y firmeza, a mayor concentración mayor firmeza. Por su parte Jones y Scott (1983) señalan que un aumento de sólidos solubles dará como consecuencia mayor sabor en el fruto.

#### **4.6 Acido cítrico**

Los resultados obtenidos de acuerdo al análisis de varianza para ácido cítrico, muestran estadísticamente diferencias significativas (con un nivel de significancia de 0.05%), únicamente para el factor días, presentando mayor concentración de ácido cítrico para la primera fecha de evaluación, como se muestra en la Figura 24, con excepción del recubrimiento látex mas resina, el cual obtuvo mayores concentraciones de ácido a los 14 días en cámara.

Para el tipo de recubrimiento y condiciones de almacenamiento no se encontró significancia estadística (Cuadros 18 y 19 del Anexo II).

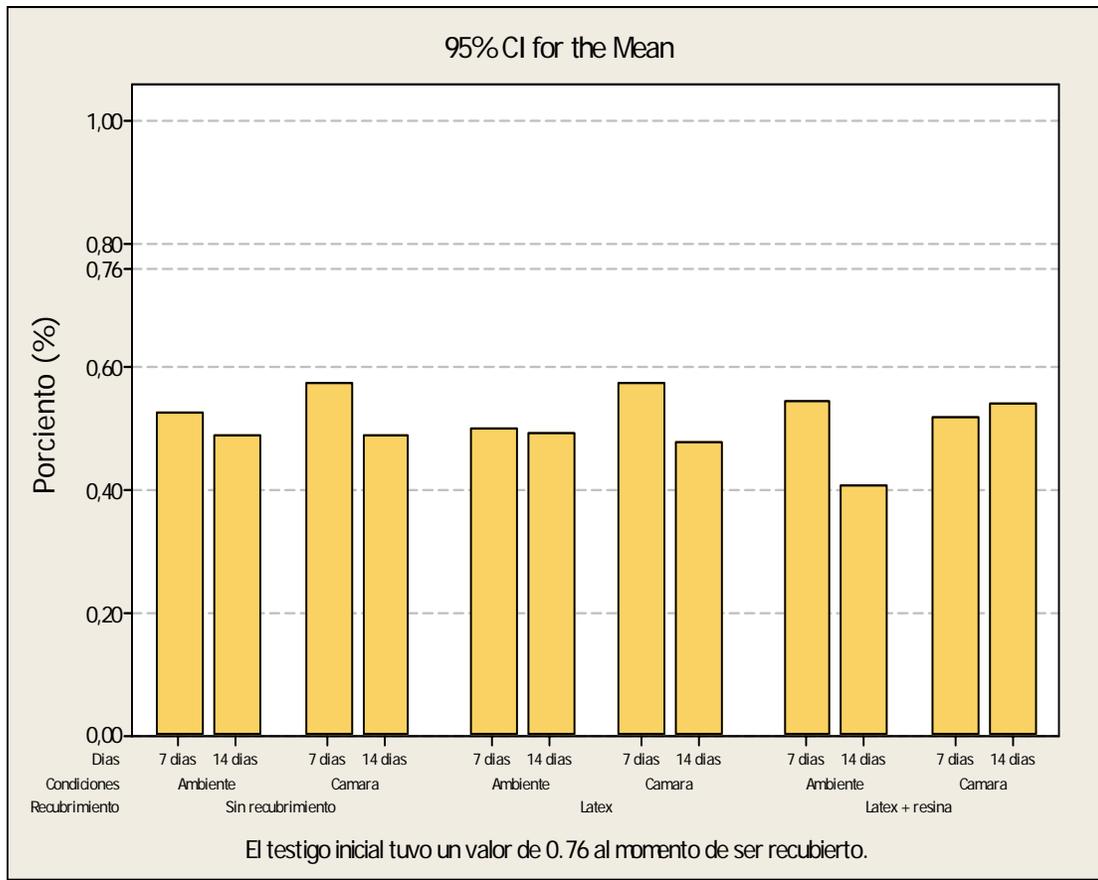


Figura 24. Grafica de la variable ácido cítrico en tomates.

Haciendo una comparación del porcentaje de ácido cítrico de los tomates en los diferentes tratamientos con el testigo inicial, el cual tuvo un valor de 0.76 por ciento (Figura 24), se observa una disminución de ácido conforme pasa el tiempo de almacenamiento, lo que concuerda con Jones y Scott (1983), quien menciona que los azúcares glucosa y fructosa, constituyen el 65 % de sólidos solubles totales, mientras que el resto está constituido por ácido cítrico y málico, lípidos, minerales y otros compuestos en bajas concentraciones.

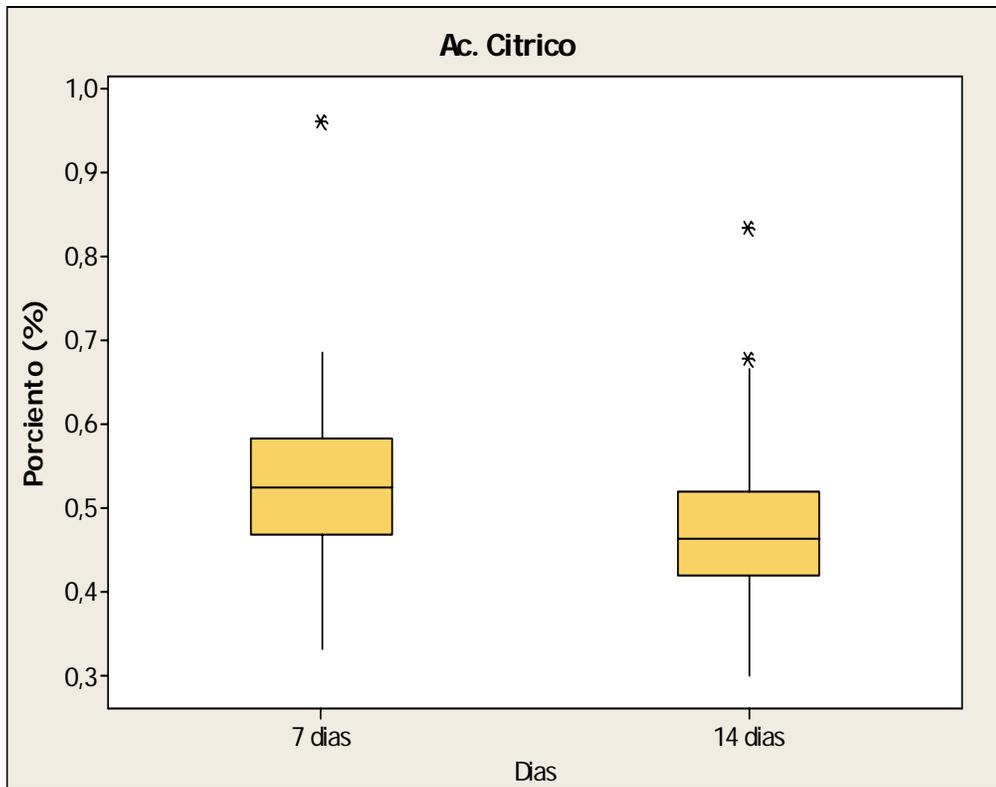


Figura 25. Comparación de medias entre los días de almacenamiento para la variable ácido cítrico.

La comparación de medias para los días de almacenamiento (Figura 25), muestra una diferencia significativa (Cuadro 20 del Anexo II), en relación al tiempo en que se mantuvieron en observación los tomates, presentando una mayor concentración de ácido cítrico para los primeros 7 días de almacenamiento, como es de suponerse al transcurrir el tiempo (14 días), aumenta su grado de madurez (mayor presencia de azúcares) por lo que la cantidad de ácido cítrico va siendo menor hasta que es sustituida completamente o en su mayoría.

#### 4.7 Vitamina "C"

El ANVA detectó diferencia estadísticamente significativa (0.05%) para el factor recubrimiento por días (Cuadro 21 y 22 del Anexo II); por otra parte no se encontró significancia estadística para las condiciones de almacenamiento (Cuadro 21 del Anexo II).

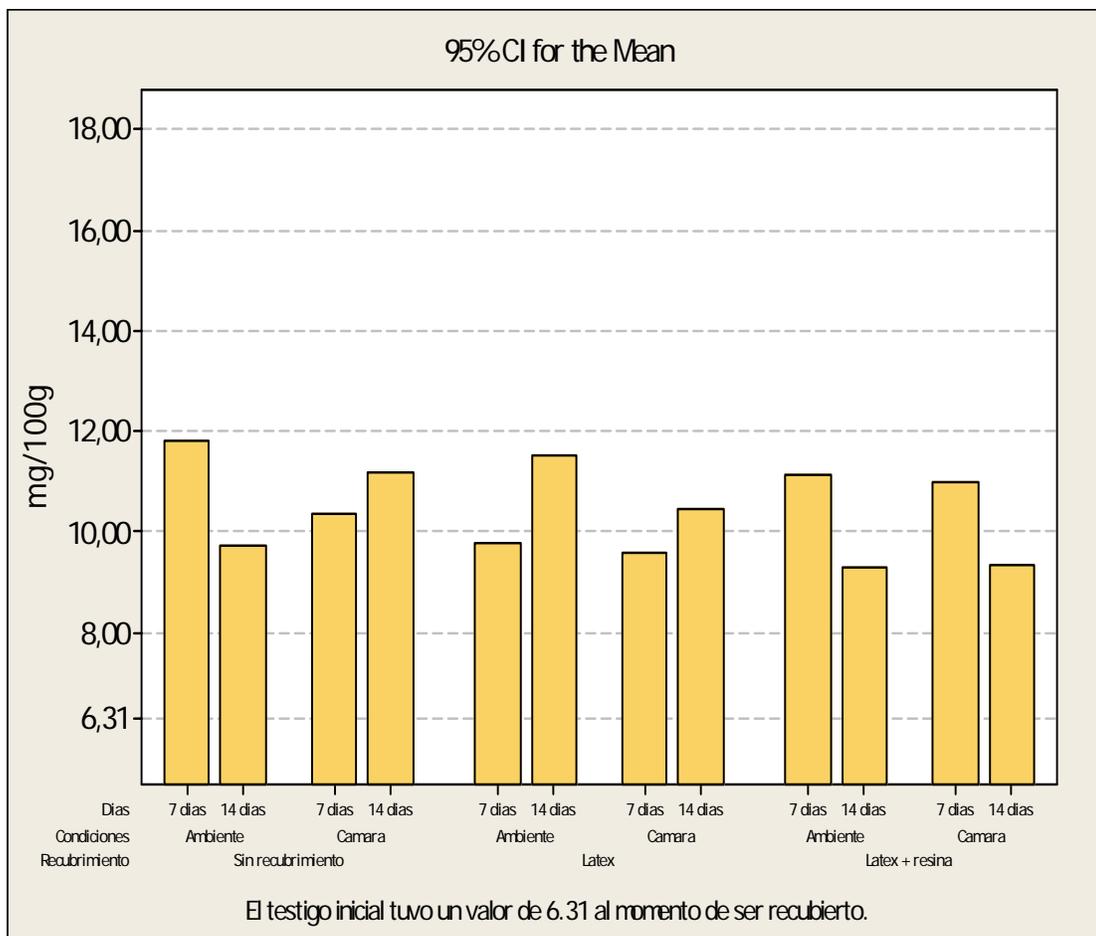


Figura 26. Grafica de la variable vitamina C en tomates.

Los tratamientos cuyos tomates presentaron las concentraciones más significativas de vitamina C fueron: sin recubrimiento (ambiente), y látex mas resina a los 7 días, seguido por el tratamiento sin recubrimiento (cámara), pero a los 14 días, así como látex a los 14 días , y por ultimo látex mas resina a los 14 días.

En la comparación de los tratamientos con el valor inicial (testigo), se nota claramente el aumento de vitamina conforme pasa el tiempo (Figura 26), caso contrario con el ácido cítrico, en el cual hay una disminución notable en los tomates de los tratamientos frente al testigo. La diferencia en el contenido de vitamina, entre el testigo y los tratamientos, puede deberse al grado de madurez de los tomates, como menciona Martínez (2004), el fruto de tomate es una fuente de vitaminas C, A, B<sub>1</sub>, y B<sub>2</sub>. En su madurez el fruto contiene un 95% de agua y el resto (5%) son sólidos. El 55% de los sólidos lo componen los azúcares; el 21% sólidos insolubles; el 12% ácidos orgánicos; el 7% compuestos inorgánicos (P y K) y el 5% lo componen el ácido ascórbico o vitamina C, compuestos volátiles y aminoácidos.

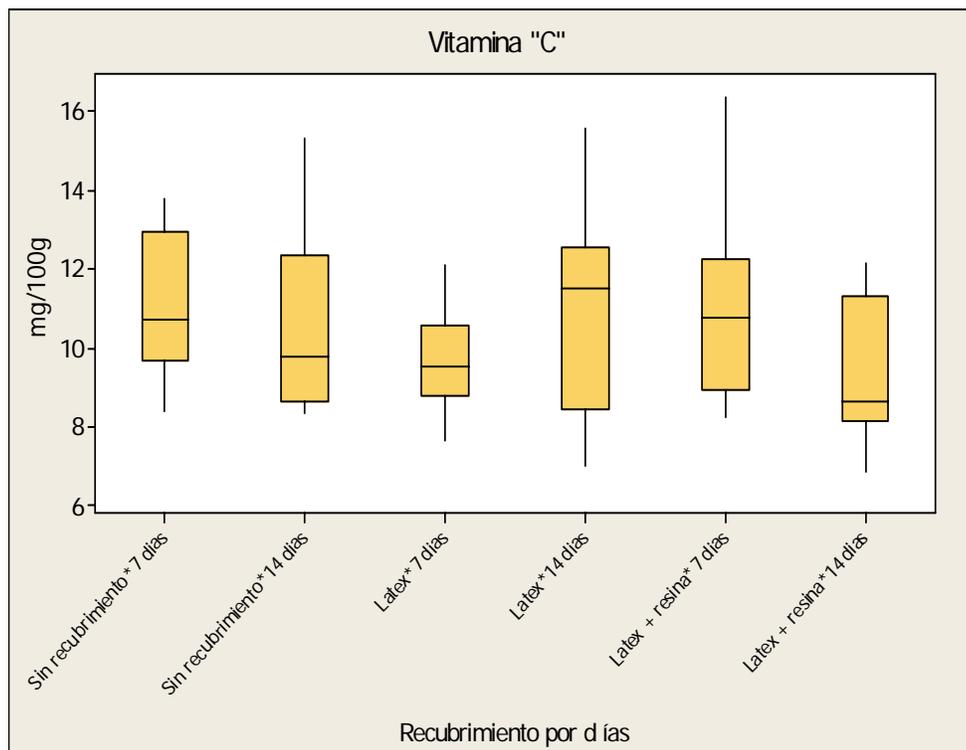


Figura 27. Comparación de medias de recubrimiento por días de almacenamiento.

Aunque estadísticamente no es significativo (no hay diferencia entre las medias), la Figura 27, muestra claramente que los recubrimientos con látex (7 días) y látex mas resina (14 días), son los que menor cantidad de vitamina C tienen, en cambio los tratamientos sin recubrimiento y látex mas resina a los 7 días son los que presentan mayor cantidad de vitamina (Cuadro 23.1 del Anexo II).

#### 4.8 Pérdida de peso

Los resultados obtenidos de acuerdo al análisis de varianza, muestran una diferencia altamente significativa (0.01%) para el factor recubrimiento, teniendo un nivel de significancia mayor a los catorce días (Cuadro 24 y 25 del Anexo II), siendo los tomates sin recubrimiento y los cubiertos con látex, los que menor pérdida de peso presentaron, en comparación con el tratamiento látex mas resina, el cual como se observa en la Figura 28, muestra una mayor disminución de peso. Por otra parte no se encontró significancia estadística para las condiciones de almacenamiento (Cuadro 24 y 25 del Anexo II).

Para Nuez (2001), la diferencia entre la humedad relativa del producto y la existente en su entorno, es la que provoca la transferencia de agua desde los frutos a la atmósfera que los rodea y, en consecuencia, produce pérdida de peso, marchitamiento y pérdida de calidad comercial, esto es consecuencia de factores ambientales y del propio fruto como tamaño, estado de madurez, permeabilidad de la epidermis, etc.

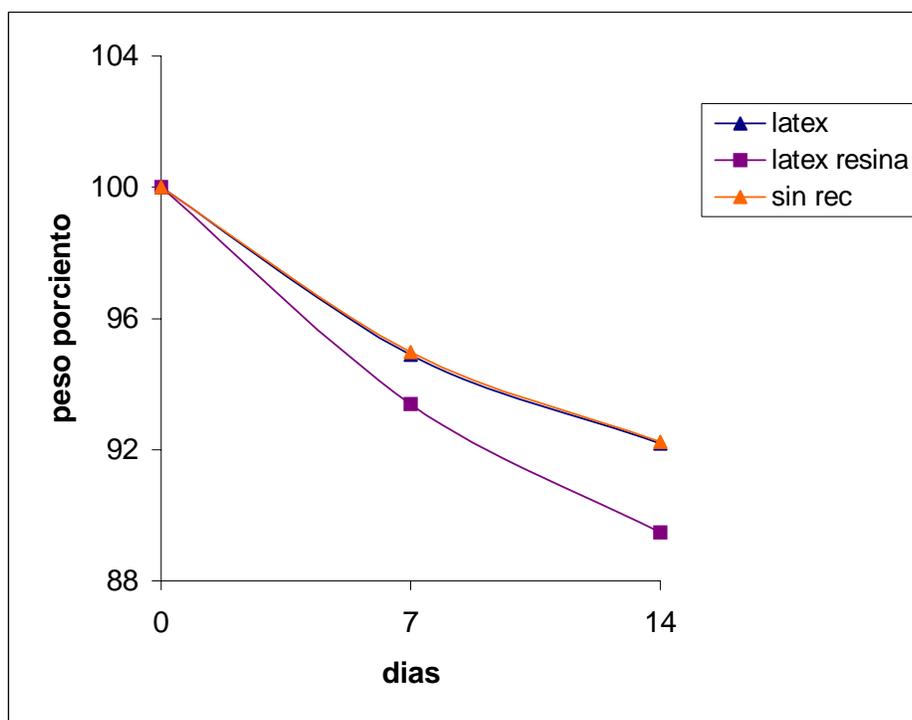


Figura 28. Grafica de pérdida de peso.

En la comparación de medias para las dos fechas de evaluación (Figura 29 y 30), existe diferencia altamente significativa (0.01%), siendo mayor para los 14 días (Cuadros 27 y 28 del anexo II), además el ANVA muestra que para los 7 y 14 días de evaluación, el tratamiento “látex mas resina” tuvo mayor pérdida de peso, mientras que los tratamientos “látex” y “sin recubrimiento” menor pérdida de peso, con minimas diferencias estadísticas entre ellos (Cuadros 27.1 y 28.1 del Anexo II).

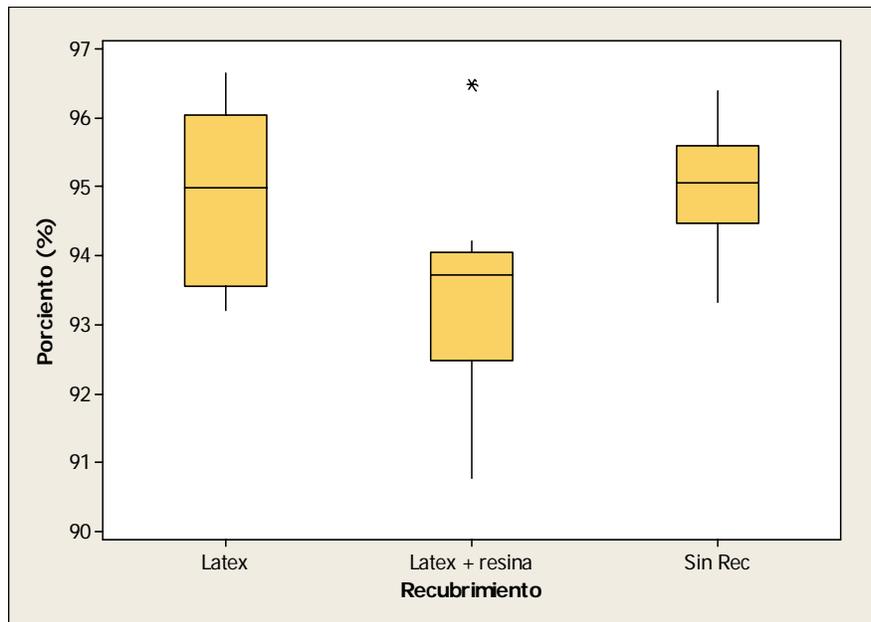


Figura 29. Grafica de pérdida de peso a los 7 días.

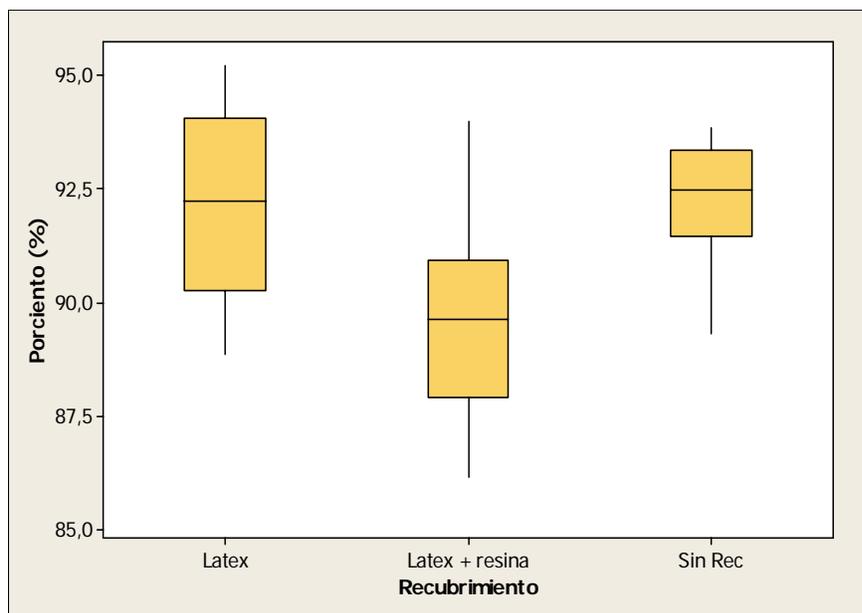


Figura 30. Grafica de pérdida de peso a los 14 días.

## 4.9 Respiración

La Figura 31 muestra que los tomates almacenados a temperatura ambiente no presentan una tendencia definida en cuanto al recubrimiento utilizado ya que se comportan de manera muy similar, a excepción de las evaluaciones a los 7 días, en donde los tomates presentaron una tasa de respiración mayor después de 20 min de iniciada la determinación (cuadro 29 del Anexo II), por lo que su vida de anaquel será menor, como lo menciona Nuez (2001), quien afirma que, los frutos que tengan una actividad respiratoria elevada, tendrán dificultades de conservación incluso durante periodos de tiempo cortos.

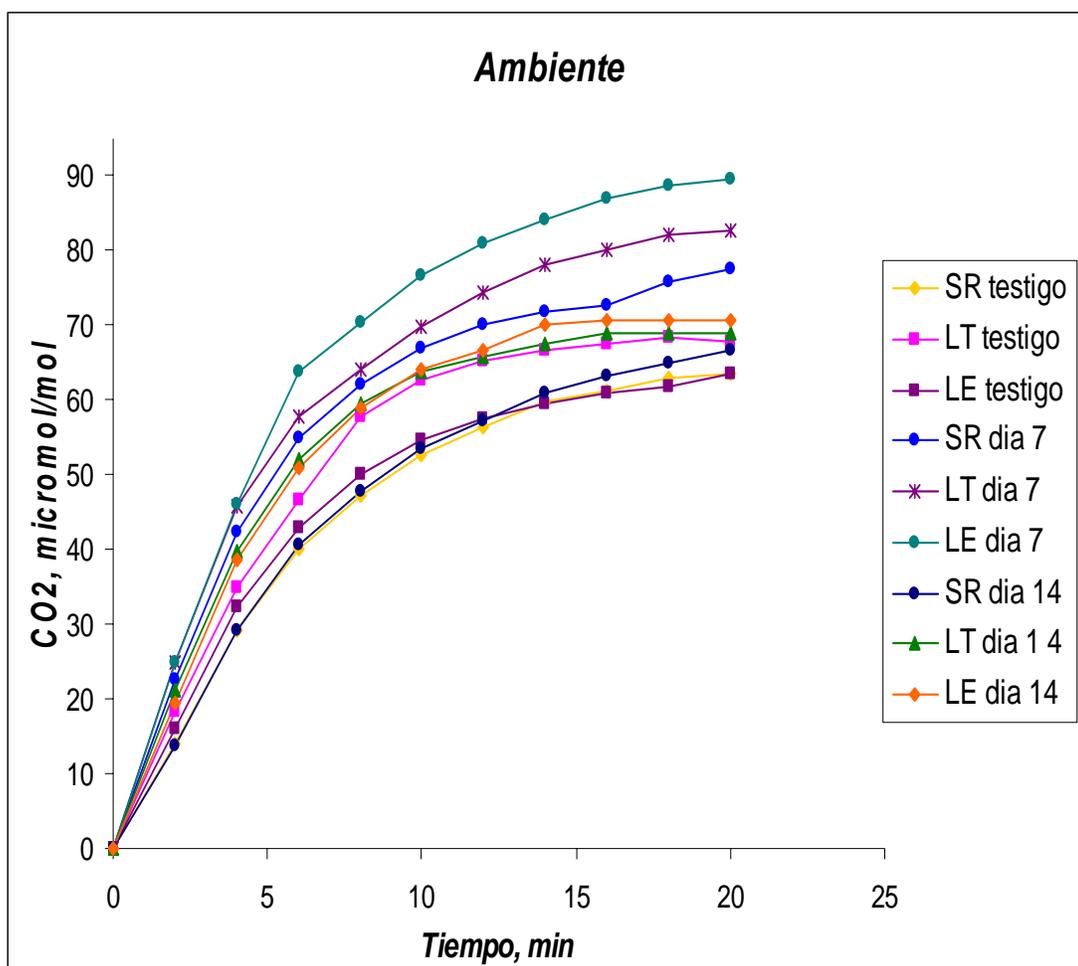


Figura 31. Actividad respiratoria en frutos de tomate expuestos a temperatura ambiente durante 7 y 14 días. (SR, sin recubrimiento; LT, látex de poliacetato de vinilo; LE, látex de poliacetato de vinilo combinado con extracto de resina de gobernadora).

Los datos obtenidos de los tratamientos almacenados en cámara muestran mayor semejanza entre ellos que los almacenados a temperatura ambiente, esto puede ser debido a las condiciones de temperatura y humedad controladas, lo que influye en la velocidad de respiración de las muestras. Por otra parte podemos decir que, los tomates con recubrimiento no tienen ninguna ventaja o beneficio sobre los que no tienen cubierta, ya que como se observa en la Figura 32 las curvas de respiración son muy similares.

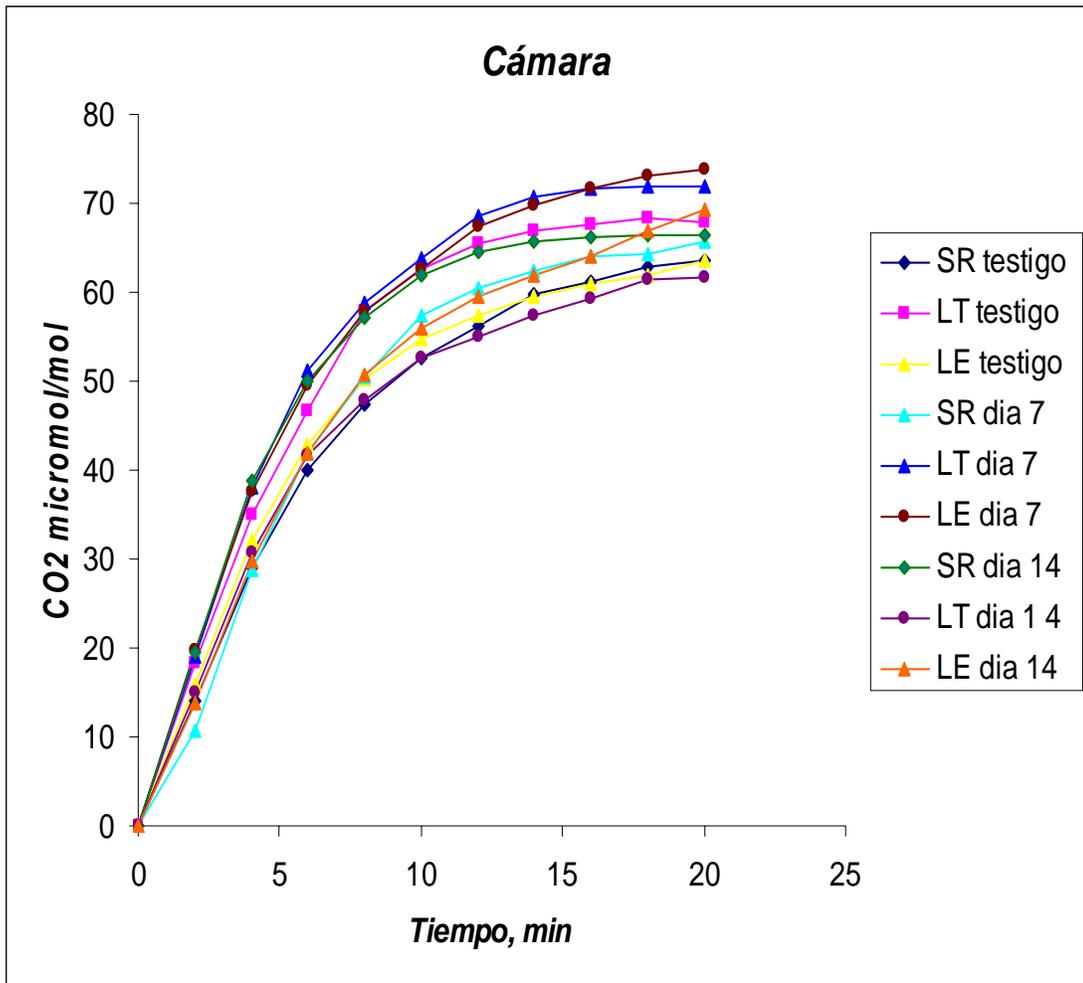


Figura 32. Actividad respiratoria en frutos de tomate almacenados en cámara durante 7 y 14 días. (SR, sin recubrimiento; LT, látex de poliacetato de vinilo; LE, látex de poliacetato de vinilo combinado con extracto de resina de gobernadora).

## V CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados al inicio de esta investigación y en base a los resultados obtenidos, podemos concluir que; la aplicación de látex de poliacetato de vinilo solo y en combinación con extracto hidrosoluble de resina de gobernadora, como recubrimiento en tomates variedad Gabriela, no tuvo ningún efecto sobre los parámetros de calidad evaluados: luminosidad, color, firmeza, sólidos solubles totales y ácido cítrico presentando diferencias únicamente para el tiempo de almacenamiento; para vitamina C se encontró que los mejores tratamientos fueron sin recubrimiento y látex mas resina a los 7 días, para pérdida de peso tampoco hubo diferencia entre las muestras con y sin recubrimiento, por ultimo, para la velocidad de respiración, los recubrimientos (látex y látex mas resina) no tuvieron ningún efecto sobre los tomates, ya que esta prácticamente fue igual en tomates con recubrimiento y sin recubrimiento (testigo) en ambas condiciones de almacenamiento.

El recubrimiento disminuye la luminosidad en el fruto conforme pasa el tiempo, ya que lo vuelve mas opaco en comparación con el testigo, los atributos externos del tomate que pueden ser percibidos por la vista como lo son la luminosidad o brillo, determinan la elección inicial por el consumidor, por lo que un tomate opaco o sin brillo tendrá mayores dificultades para su comercialización.

El cambio de pigmentación en los tomates evaluados, muestra un aumento de color rojo conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento, lo que se traduce en un mayor grado de madurez en los frutos, por lo que la aplicación del polímero no retarda este proceso natural ni su vida de anaquel, (objeto de la investigación), ya que dicha maduración se dio de una manera muy similar entre tratamientos sin recubrimiento y cubiertos, lo que nos lleva a concluir que el polímero tampoco tuvo ningún efecto sobre la firmeza de los frutos, ya que esta, sufre modificaciones importantes durante la maduración del tomate, lo que conduce al ablandamiento de los tejidos y por consiguiente una menor firmeza, aunque los frutos almacenados en cámara tuvieron una mayor firmeza.

La disminución en la firmeza de los frutos provoca una mayor permeabilidad en su epidermis por lo que se ve disminuido su contenido de agua y obviamente su peso. Este fenómeno se dio de una manera mas marcada en tomates tratados con látex mas resina, en donde la pérdida de peso fue mayor que en tomates tratados únicamente con látex y sin recubrimiento, donde, prácticamente la disminución de peso fue igual, por lo que la aplicación del polímero no ayuda a disminuir la transferencia de agua desde los frutos a la atmósfera que los rodea.

Para sólidos solubles totales y acido cítrico no hubo diferencia entre tomates con y sin cubierta, como es de esperarse, con la maduración de los tomates la concentración de sólidos solubles totales aumenta hasta en un 65 por ciento, por lo que compuestos como el ácido cítrico y málico se ven disminuidos, por lo tanto el recubrimiento no retarda esta transformación.

En vitamina C, el análisis de varianza nos muestra que los tratamientos más significativos fueron sin recubrimiento y látex más resina a los 7 días, por lo que está de más la aplicación del polímero al fruto, ya que este se comporta de igual manera que sin recubrimiento.

Los frutos con recubrimiento a los cuales se les midió respiración no presentan ninguna ventaja ante los testigos o tomates sin cubierta.

En conclusión podemos decir que la aplicación de látex de PVAc como recubrimiento en tomates no prolonga su vida de anaquel ni disminuye su deterioro, lo cual pudo deberse a la falta de adherencia de éste en el tomate, por lo que futuros ensayos con poliacetato de vinilo de diferentes masas molares pueden ayudar a mejorar su adhesividad pues es función de esta variable. Por lo tanto la hipótesis planteada al inicio de la investigación queda anulada.

## VI RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar más experimentos con diferentes concentraciones de sólidos en el polímero, con el fin de evaluar cual es el que promueve una mayor vida de anaquel en el producto.
- Investigar otras formas de combinación del extracto de gobernadora con el látex, el cual puede ser durante el proceso de polimerización del mismo, de igual forma buscar nuevos métodos de aplicación en el fruto.
- Para la aplicación del látex se recomienda el método de aspersión, con la finalidad de obtener una película más uniforme en la superficie del fruto y evitar que este resbale por sus paredes.
- Realizar evaluaciones diarias de respiración de los frutos de tomate, así como registrar el peso de cada una de las muestras antes de introducirlas en el analizador de  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ , con la finalidad de obtener datos más representativos para poder llegar a conclusiones confiables.

## VII REFERENCIAS

**Aguilar, A. R.** 2004. Comportamiento en características de calidad de líneas extrafirmes de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) en poscosecha. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo. Coah. México.

**Arthey, D. y, P. R.** Ashist. 1996. Almacenamiento, Maduración y Manipulación de Frutas. "Procesado de Frutas". Ed. Acribia, S. A., Zaragoza, España.

**Anónimo 1, 2007. Recubrimientos Comestibles. En línea**

[http://www.catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lia/you\\_h\\_pa/capitulo2.pdf](http://www.catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/you_h_pa/capitulo2.pdf)

**Anónimo 2, 2007. Recubrimientos comestibles. En línea**

Escuela de ingeniería de Antioquia

<http://www.materiales.eia.edu.co/ciencia%20de%20los%20materiales/articulo-matreiales%20biodegradables.htm>

**Anónimo 3, 2007. Situación actual del tomate. En línea**

<http://www.siea.sagarpa.gob.mx/>

**Anónimo 4, 2006. Películas comestibles. En línea**

<http://www.chapingo.mx/agroind/congreso/ponencia/ponencias/Mesa%20V/Desarrollo%20de%20peliculas%20comestibles....pdf>

**Anónimo 5, 2004** Ácido Cítrico - Apuntes de Química.

<http://www.elprisma.com/apuntes/quimica/acidocitrico/>

**Baldwin, E. A.,** Nisperos-Carriedo, M. O., Baker, R. A. 1995. Use of edible coatings preserve quality of lightly (and slightly) processed products. Critical reviews in food science and nutrition.

**Bosquez M. E.** 2006. Desarrollo de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para la conservación de frutas. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Departamento de Biotecnología.

**Cortez, M. G. Y.** (2006). Tesis: "Síntesis, caracterización y aplicación de nanolatexes de poliacetato de vinilo para su uso en recubrimiento comestible". Tesis Maestría, Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Ciencias Químicas, Saltillo, Coah. México.

**Debeaufort, F.**, Quezada-Gallo, J. A. and Voilley, A. ,1998. Edible films and coatings: Tomorrow's packaging: a review. *Critical reviews in food science* 38:299-313.

**Donhowe I.G.**, Fennema, O. 1994. Edible and coatings: Characterization, formation, definitions and testing methods. "Edible coatings and films to improve food quality". Editado por Krotcha, J., Baldwin, E., y Nisperos Carriedo, M. Ed. Technomic Publishing Co. E.U.

**FAO** 1989. Improvement of post-harvest fresh fruits and vegetables handling. Regional office for Asia and the Pacific. Maliwan Mansion, Phva Atit Road, Bang Kog, 10200, Thailand. 180 p.p.

**Guilbert S.** 1986. Technology and application of edible protective films. "Food packaging and preservation". *Theory and practice*. Elsevier applied science publishing Co. London.

**Hardenburg, R. E.** 1967. p. 15-51. Wax and related coatings for horticultural products: a bibliography. Washington D. C. Agricultural Research Service Bulletin, United States Department of Agriculture..

**Hardenburg, R. E.** Watad, A. E.; Wang, C. 1988. Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existentes de floristería y viveros.150p. IICA, San José, Costa Rica.

**Jones, R. A.** y S. J. Scott. 1983 Important of tomato flavor by genetically increasing sugar and acid contents *Euphytica*.32:845-855.

**Kester, J. J.**, Fennema, O. R. 1988. Edible films and coatings. "Edible coatings and films to improve food quality". Editado por Krotcha, J., Baldwin, E., y Nisperos-Carriedo, M. Ed. Technomic Publishing Co. E.U.

**Labuza, T. P.**, Contreras-Medellin, R. 1981. Prediction of moisture protection requirements for foods. *Cereal foods World*, v. 26, pág. 335,

**Lira, S. R. H.** 2003. Estado actual del conocimiento sobre las propiedades biocidas de la gobernadora (*Larrea tridentata*). Gerencia de biopolímeros, CIQA. Saltillo, Coahuila Méx.

**Madruza, E. L. (A).** Temas de divulgación: Que es un polímero. *Revista de plásticos modernos*, Núm. 466. pág. 319-321. Abril de 1995. Instituto de ciencia y tecnología de polímeros.

**Madruza, E. L. (B).** Temas de divulgación: Como se forman los polímeros. *Revista de plásticos modernos*, Núm. 467. Pág. 416-426. Mayo de 1995. Instituto de ciencia y tecnología de polímeros.

**Martinez, C. R.** 2000. Utilización de ceras sobre tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) y Limón Mexicano (*Citrus aurantifolia Swingle*) en Poscosecha. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo. Coah. México. Pág. 4-7, 11-14.

**Martinez, N. M.** 2004. Efecto de la aplicación de recubrimiento Agrofilm AP sobre la calidad de tomate bola (*Lycopersicon esculentum Mill*) en condiciones de almacenamiento. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. México.

**MINITAB Inc.**, 1999, 3081 Enterprise Drive, State College, Pennsylvania 16801, USA.

**Mellething, W. P.**, Chen, Borgi. 1982 In line application of porous wax coating materials to reduce frection discoloration of Bartlet and Anjou Pears. Hortsciens.17 215-216.

**Monroy, G. L.**, 2007. Uso de Agrofilm AP en calabacita (*Cucúrbita pepo*) bajo condiciones de almacén y anaquel. Tesis Licenciatura U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. México.

**Nuez, F.** 2001. El cultivo del tomate. Ed. Mundi prensa, Madrid, España. P. 614.

**Osuna, G. J. A.**1983. Resultados de la investigación sobre el tomate. Editorial mundi prensa. Madrid, España. Pág. 122-123.

**Pantástico, E. R. B.** Fisiología de la posrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales, Compañía Editorial Continental, segunda impresión noviembre de 1984.

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

**Trevor V. Suslow** y Marita Cantwell. 2002. Tomate: (Jitomate) Recomendaciones para Mantener la Calidad Poscosecha. Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, CA.

## **VIII ANEXOS**

## ANEXO I

Calculó de la cantidad de extracto metanólico de resina de gobernadora para preparar una solución con 2000 ppm en 1 litro de agua destilada.

Peso inicial de muestra de extracto hidrosoluble de resina de gobernadora = 10.0043 mg

$$\begin{aligned} \text{Peso de muestra seca} &= \underline{8.7764 \text{ mg}} \\ \text{Peso de charola} &= \underline{1.8561 \text{ mg}} \\ \text{Peso final de muestra} &= \underline{6.9203 \text{ mg}} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{rcl} 10.0043 \text{ mg} & \text{————} & 100\% \text{ del peso} \\ 6.9203 \text{ mg} & \text{————} & ? \% \text{ de peso} \end{array} \quad ? = 69.1732 \text{ mg}$$

$$\frac{1 \text{ mg}}{\text{L}} \times 2000 \text{ ppm} = 2000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \quad \text{ppm} = \text{mg} / \text{litro}$$

$$\frac{0.001 \text{ g}}{1 \text{ mg}} \times 2000 \text{ mg} = 2 \text{ g de resina pura}$$

$$\frac{100 \text{ g de solución de resina}}{69.1732 \text{ g de resina}} \times 2 \text{ g de resina} = 2.8912 \text{ g de solución de resina}$$

$$\frac{2.8912 \text{ g de solución de resina}}{1 \text{ L de agua destilada}} \times 0.5 \text{ L} = 1.4456 \text{ g de solución de resina}$$



Cuadro 7. Least Squares Means for luminosidad (L)

Recubrimiento			Mean	SE Mean
1			49.81	1.470
2			48.93	1.470
3			48.80	1.470
Condiciones				
1			47.80	1.200
2			50.56	1.200
Días				
1			<b>52.45</b>	<b>1.200 a</b>
2			<b>45.91</b>	<b>1.200 b</b>
Recubrimiento*Condiciones				
1	1		46.84	2.079
1	2		52.79	2.079
2	1		48.14	2.079
2	2		49.73	2.079
3	1		48.44	2.079
3	2		49.16	2.079
Recubrimiento*Dias				
1	1		53.14	2.079
1	2		46.49	2.079
2	1		51.85	2.079
2	2		46.02	2.079
3	1		52.38	2.079
3	2		45.22	2.079
Condiciones*Dias				
1	1		51.39	1.697
1	2		44.22	1.697
2	1		53.52	1.697
2	2		47.60	1.697
Recubrimiento*Condiciones*Dias				
1	1	1	50.84	2.940
1	1	2	42.84	2.940
1	2	1	55.44	2.940
1	2	2	50.13	2.940
2	1	1	50.83	2.940
2	1	2	45.44	2.940
2	2	1	52.86	2.940
2	2	2	46.60	2.940
3	1	1	52.50	2.940
3	1	2	44.38	2.940
3	2	1	52.26	2.940
3	2	2	46.06	2.940

## Comparación de medias por prueba de Tukey.

Cuadro 8. One-way ANVA: Luminosidad (L) versus Dias

Source	DF	SS	MS	F	P
Dias	1	771.1	771.1	15.97	0.000
Error	70	3379.3	48.3		
Total	71	4150.3			

## Color a\*

### Modelo Lineal General: Color a versus Recubrimiento, Condiciones, Días

Factor	Type	Levels	Values
Recubrimiento	fixed	3	1 = Sin recubrimiento, 2 = Látex, 3 = látex + resina
Condiciones	fixed	2	1 = Ambiente, 2 = Cámara
Dias	fixed	2	1 = 7 días, 2 = 14 días

Cuadro 9. Analysis of Variance for Color a, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Recubrimiento	2	13.1	13.1	6.6	0.06	0.946
Condiciones	1	287.7	287.7	287.7	2.42	0.125
<b>Dias</b>	<b>1</b>	<b>2548.8</b>	<b>2548.8</b>	<b>2548.8</b>	<b>21.45</b>	<b>0.000</b>
Recubrimiento*Condiciones	2	219.8	219.8	109.9	0.92	0.402
Recubrimiento*Dias	2	9.9	9.9	4.9	0.04	0.959
Condiciones*Dias	1	1.2	1.2	1.2	0.01	0.922
Recubrimiento*Condiciones*Dias	2	86.5	86.5	43.3	0.36	0.696
Error	60	7130.8	7130.8	118.8		
Total	71	10297.8				

Ft = 0.01 altamente significativo

Ft = 0.05 significativo

S = 10.9017 R-Sq = 30.75% R-Sq(adj) = 18.06%

Cv = 76.99 %

Cuadro 10. Least Squares Means for Color a

Recubrimiento			Mean	SE Mean
1			13.978	2.225
2			13.761	2.225
3			14.755	2.225
Condiciones				
1			16.163	1.817
2			12.165	1.817
Dias				
1			<b>8.215</b>	<b>1.817 b</b>
2			<b>20.114</b>	<b>1.817 a</b>
Recubrimiento*Condiciones				
1	1		18.274	3.147
1	2		9.682	3.147
2	1		15.399	3.147
2	2		12.122	3.147
3	1		14.817	3.147
3	2		14.692	3.147
Recubrimiento*Dias				
1	1		8.404	3.147
1	2		19.552	3.147
2	1		7.938	3.147
2	2		19.583	3.147
3	1		8.301	3.147
3	2		21.208	3.147
Condiciones*Dias				
1	1		10.087	2.570
1	2		22.240	2.570
2	1		6.342	2.570
2	2		17.989	2.570
Recubrimiento*Condiciones*Dias				
1	1	1	12.500	4.451
1	1	2	24.048	4.451
1	2	1	4.308	4.451
1	2	2	15.055	4.451
2	1	1	10.828	4.451
2	1	2	19.970	4.451
2	2	1	5.048	4.451
2	2	2	19.196	4.451
3	1	1	6.933	4.451
3	1	2	22.701	4.451
3	2	1	9.669	4.451
3	2	2	19.715	4.451

## Comparación de medias por prueba de Tukey

Cuadro 11. One-way ANVA: Color a versus Dias

Source	DF	SS	MS	F	P
Dias	1	2549	2549	23.02	0.000
Error	70	7749	111		
Total	71	10298			

## Firmeza

### Modelo Lineal General: Firmeza (kg/ versus Recubrimiento, Condiciones, ...

Factor	Type	Levels	Values
Recubrimiento	fixed	3	1 = Sin recubrimiento, 2 = Látex, 3 =látex + resina
Condiciones	fixed	2	1 = Ambiente, 2 = Cámara
Dias	fixed	2	1 = 7 días, 2 = 14 días

Cuadro 12. Analysis of Variance for Firmeza (kg/cm2), using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Recubrimiento	2	1.563	1.563	0.782	0.74	0.482
<b>Condiciones</b>	<b>1</b>	<b>5.445</b>	<b>5.445</b>	<b>5.445</b>	<b>5.14</b>	<b>0.027</b>
<b>Dias</b>	<b>1</b>	<b>11.045</b>	<b>11.045</b>	<b>11.045</b>	<b>10.43</b>	<b>0.002</b>
Recubrimiento*Condiciones	2	1.403	1.403	0.702	0.66	0.519
Recubrimiento*Dias	2	0.750	0.750	0.375	0.35	0.703
Condiciones*Dias	1	0.980	0.980	0.980	0.93	0.340
Recubrimiento*Condiciones*Dias	2	3.063	3.063	1.532	1.45	0.243
Error	60	63.530	63.530	1.059		
Total	71	87.780				

S = 1.02900 R-Sq = 27.63% R-Sq(adj) = 14.36%

CV = 44.74%

Ft 0.01 = 7.08 altamente significativo

Ft 0.05 = 4 Significativo

Cuadro 13. Least Squares Means for Firmeza (kg/cm<sup>2</sup>).

Recubrimiento			Mean	SE Mean
1			2.508	0.2100
2			2.200	0.2100
3			2.192	0.2100
Condiciones				
1			<b>2.025</b>	<b>0.1715</b> <b>b</b>
2			<b>2.575</b>	<b>0.1715</b> <b>a</b>
Dias				
1			<b>2.692</b>	<b>0.1715</b> <b>a</b>
2			<b>1.908</b>	<b>0.1715</b> <b>b</b>
Recubrimiento*Condiciones				
1	1		2.067	0.2970
1	2		2.950	0.2970
2	1		1.917	0.2970
2	2		2.483	0.2970
3	1		2.092	0.2970
3	2		2.292	0.2970
Recubrimiento*Dias				
1	1		2.900	0.2970
1	2		2.117	0.2970
2	1		2.717	0.2970
2	2		1.683	0.2970
3	1		2.458	0.2970
3	2		1.925	0.2970
Condiciones*Dias				
1	1		2.300	0.2425
1	2		1.750	0.2425
2	1		3.083	0.2425
2	2		2.067	0.2425
Recubrimiento*Condiciones*Dias				
1	1	1	2.200	0.4201
1	1	2	1.933	0.4201
1	2	1	3.600	0.4201
1	2	2	2.300	0.4201
2	1	1	2.167	0.4201
2	1	2	1.667	0.4201
2	2	1	3.267	0.4201
2	2	2	1.700	0.4201
3	1	1	2.533	0.4201
3	1	2	1.650	0.4201
3	2	1	2.383	0.4201
3	2	2	2.200	0.4201

## Comparación de medias por prueba de Tukey

Cuadro 14. One-way ANVA: Firmeza (kg/cm<sup>2</sup>) versus Condiciones

Source	DF	SS	MS	F	P
Condiciones	1	5.44	5.44	4.63	0.035
Error	70	82.34	1.18		
Total	71	87.78			

Cuadro 15. One-way ANVA: Firmeza (kg/cm<sup>2</sup>) versus Dias

Source	DF	SS	MS	F	P
Dias	1	11.04	11.04	10.08	0.002
Error	70	76.74	1.10		
Total	71	87.78			

### Sólidos solubles totales.

Modelo Lineal General: Sólidos solubles totales (°Brix) versus Recubrimiento, Condiciones,...

Factor	Type	Levels	Values
Recubrimiento	fixed	3	1 = Sin recubrimiento, 2 = Látex, 3 = látex + resina
Condiciones	fixed	2	1 = Ambiente, 2 = Cámara
Dias	fixed	2	1 = 7 días, 2 = 14 días

Cuadro 16. Analysis of Variance for S.S.T. (Brix), using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Recubrimiento	2	0.2303	0.2303	0.1151	0.55	0.578
Condiciones	1	0.3756	0.3756	0.3756	1.81	0.184
Dias	1	0.7606	0.7606	0.7606	3.66	0.061
Recubrimiento*Condiciones	2	0.0169	0.0169	0.0085	0.04	0.960
Recubrimiento*Dias	2	0.0636	0.0636	0.0318	0.15	0.859
Condiciones*Dias	1	0.0272	0.0272	0.0272	0.13	0.719
Recubrimiento*Condiciones*Dias	2	0.0603	0.0603	0.0301	0.14	0.865
Error	60	12.4767	12.4767	0.2079		
Total	71	14.0111				

S = 0.456009    R-Sq = 10.95%    R-Sq(adj) = 0.00%  
Cv = 11.66%

Cuadro 17. Least Squares Means for S.S.T. (Brix)

Recubrimiento		Mean	SE Mean	
1		3.921	0.09308	
2		3.975	0.09308	
3		3.838	0.09308	
Condiciones				
1		3.839	0.07600	
2		3.983	0.07600	
Dias				
1		3.808	0.07600	
2		4.014	0.07600	
Recubrimiento*Condiciones				
1	1	3.867	0.13164	
1	2	3.975	0.13164	
2	1	3.883	0.13164	
2	2	4.067	0.13164	
3	1	3.767	0.13164	
3	2	3.908	0.13164	
Recubrimiento*Dias				
1	1	3.808	0.13164	
1	2	4.033	0.13164	
2	1	3.842	0.13164	
2	2	4.108	0.13164	
3	1	3.775	0.13164	
3	2	3.900	0.13164	
Condiciones*Dias				
1	1	3.756	0.10748	
1	2	3.922	0.10748	
2	1	3.861	0.10748	
2	2	4.106	0.10748	
Recubrimiento*Condiciones*Dias				
1	1	1	3.733	0.18617
1	1	2	4.000	0.18617
1	2	1	3.883	0.18617
1	2	2	4.067	0.18617
2	1	1	3.783	0.18617
2	1	2	3.983	0.18617
2	2	1	3.900	0.18617
2	2	2	4.233	0.18617
3	1	1	3.750	0.18617
3	1	2	3.783	0.18617
3	2	1	3.800	0.18617
3	2	2	4.017	0.18617

## Ácido cítrico

Modelo Lineal General: Ácido cítrico versus Recubrimiento, Condiciones, ...

Factor	Type	Levels	Values
Recubrimiento	fixed	3	1 = Sin recubrimiento, 2 = Látex, 3 =látex + resina
Condiciones	fixed	2	1 = Ambiente, 2 = Cámara
Dias	fixed	2	1 = 7 días, 2 = 14 días

Cuadro 18. Analysis of Variance for Ac. Citrico (%), using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Recubrimiento	2	0.00351	0.00351	0.00175	0.15	0.862
Condiciones	1	0.02276	0.02276	0.02276	1.94	0.169
<b>Dias</b>	<b>1</b>	<b>0.05825</b>	<b>0.05825</b>	<b>0.05825</b>	<b>4.96</b>	<b>0.030</b>
Recubrimiento*Condiciones	2	0.00309	0.00309	0.00154	0.13	0.877
Recubrimiento*Dias	2	0.00012	0.00012	0.00006	0.00	0.995
Condiciones*Dias	1	0.00028	0.00028	0.00028	0.02	0.879
Recubrimiento*Condiciones*Dias	2	0.05255	0.05255	0.02627	2.24	0.116
Error	60	0.70502	0.70502	0.01175		
Total	71	0.84556				

S = 0.108399    R-Sq = 16.62%    R-Sq(adj) = 1.33%

Cv = 21.25%

Cuadro 19. Least Squares Means for Ac. Cítrico (%)

Recubrimiento			Mean	SE Mean
1			0.5181	0.02213
2			0.5088	0.02213
3			0.5011	0.02213
Condiciones				
1			0.4916	0.01807
2			0.5271	0.01807
Dias				
<b>1</b>			<b>0.5378</b>	<b>0.01807 a</b>
<b>2</b>			<b>0.4809</b>	<b>0.01807 b</b>
Recubrimiento*Condiciones				
1	1		0.5061	0.03129
1	2		0.5301	0.03129
2	1		0.4944	0.03129
2	2		0.5232	0.03129
3	1		0.4741	0.03129
3	2		0.5280	0.03129
Recubrimiento*Dias				
1	1		0.5477	0.03129
1	2		0.4885	0.03129
2	1		0.5355	0.03129
2	2		0.4821	0.03129
3	1		0.5301	0.03129
3	2		0.4720	0.03129
Condiciones*Dias				
1	1		0.5220	0.02555
1	2		0.4612	0.02555
2	1		0.5536	0.02555
2	2		0.5006	0.02555
Recubrimiento*Condiciones*Dias				
1	1	1	0.5237	0.04425
1	1	2	0.4885	0.04425
1	2	1	0.5717	0.04425
1	2	2	0.4885	0.04425
2	1	1	0.4992	0.04425
2	1	2	0.4896	0.04425
2	2	1	0.5717	0.04425
2	2	2	0.4747	0.04425
3	1	1	0.5429	0.04425
3	1	2	0.4053	0.04425
3	2	1	0.5173	0.04425
3	2	2	0.5387	0.04425

## Comparación de medias por prueba de Tukey

Cuadro 20. One-way ANVA: Ac. Citrico (%) versus Dias

Source	DF	SS	MS	F	P
Dias	1	0.0583	0.0583	5.18	0.026
Error	70	0.7873	0.0112		
Total	71	0.8456			

## Vitamina C

Modelo Lineal General: Vitamina C (mg versus Recubrimiento, Condiciones, ...

Factor	Type	Levels	Values
Recubrimiento	fixed	3	1 = Sin recubrimiento, 2 = Látex, 3 =látex + resina
Condiciones	fixed	2	1 = Ambiente, 2 = Cámara
Dias	fixed	2	1 = 7 días, 2 = 14 días

Cuadro 21. Analysis of Variance for Vit. "C" (mg/100g), using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Recubrimiento	2	4.516	4.516	2.258	0.53	0.594
Condiciones	1	0.903	0.903	0.903	0.21	0.648
Dias	1	2.123	2.123	2.123	0.49	0.485
Recubrimiento*Condiciones	2	1.568	1.568	0.784	0.18	0.834
<b>Recubrimiento*Dias</b>	<b>2</b>	<b>28.412</b>	<b>28.412</b>	<b>14.206</b>	<b>3.30</b>	<b>0.044</b>
Condiciones*Dias	1	2.480	2.480	2.480	0.58	0.451
Recubrimiento*Condiciones*Dias	2	11.701	11.701	5.850	1.36	0.264
Error	60	257.967	257.967	4.299		
Total	71	309.670				

S = 2.07351    R-Sq = 16.70%    R-Sq(adj) = 1.42%

CV = 19.86%

Cuadro 22. Least Squares Means for Vit. "C" (mg/100g)

Recubrimiento			Mean	SE Mean
1			10.785	0.4233
2			10.333	0.4233
3			10.200	0.4233
Condiciones				
1			10.551	0.3456
2			10.327	0.3456
Dias				
1			10.611	0.3456
2			10.267	0.3456
Recubrimiento*Condiciones				
1	1		10.793	0.5986
1	2		10.777	0.5986
2	1		10.653	0.5986
2	2		10.012	0.5986
3	1		10.208	0.5986
3	2		10.192	0.5986
Recubrimiento*Dias				
1	1		<b>11.085</b>	<b>0.5986 a</b>
1	2		<b>10.485</b>	<b>0.5986 ab</b>
2	1		<b>9.679</b>	<b>0.5986 b</b>
2	2		<b>10.986</b>	<b>0.5986 ab</b>
3	1		<b>11.069</b>	<b>0.5986 a</b>
3	2		<b>9.331</b>	<b>0.5986 b</b>
Condiciones*Dias				
1	1		10.908	0.4887
1	2		10.194	0.4887
2	1		10.313	0.4887
2	2		10.341	0.4887
Recubrimiento*Condiciones*Dias				
1	1	1	11.827	0.8465
1	1	2	9.758	0.8465
1	2	1	10.343	0.8465
1	2	2	11.212	0.8465
2	1	1	9.777	0.8465
2	1	2	11.530	0.8465
2	2	1	9.581	0.8465
2	2	2	10.443	0.8465
3	1	1	11.121	0.8465
3	1	2	9.294	0.8465
3	2	1	11.016	0.8465
3	2	2	9.369	0.8465

## Comparación de medias por prueba de Tukey

Cuadro 23. One-way ANVA: Vit. "C" (mg/100g) versus Recubrimiento + días

Source	DF	SS	MS	F	P
Recubrimiento + Dias	5	35.05	7.01	1.68	0.151
Error	66	274.62	4.16		
Total	71	309.67			

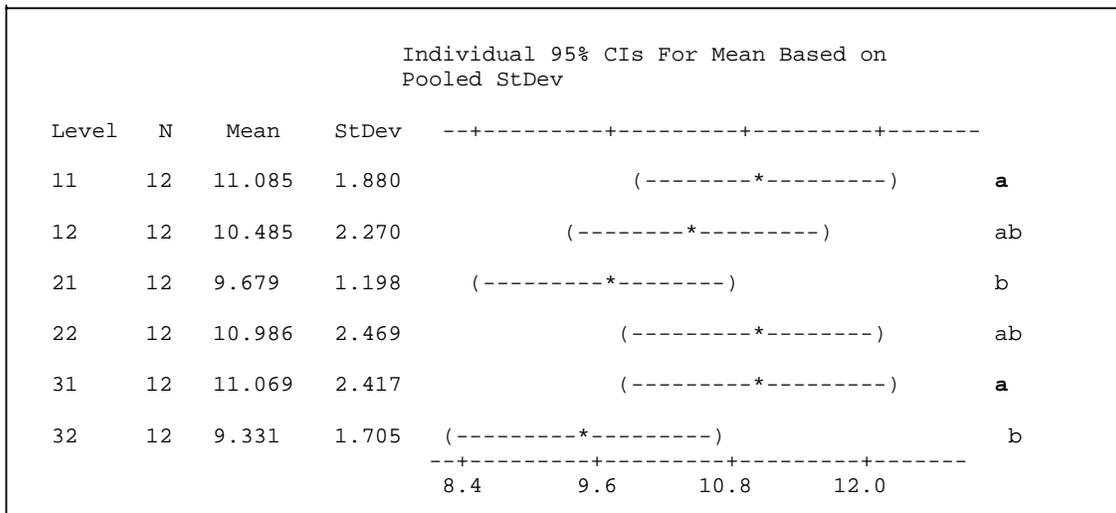
S = 2.040    R-Sq = 11.32%    R-Sq(adj) = 4.60%

CV = 18.9151%

Ft 0.01 = 7.08    altamente significativo

Ft 0.05 = 4        Significativo

Cuadro 23.1 Grafica de valores de comparación de medias.



## Pérdida de peso

Modelo Lineal General: peso Día 7 (%); peso Día 14 (%) versus Recubrimiento; Condiciones

Factor	Type	Levels	Values
Recubrimiento	fixed	3	Látex; Látex + resina; Sin Recubrimiento.
Condiciones	fixed	2	Ambiente; Cámara

Cuadro 24. Analysis of Variance for peso Dia 7(%), using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
<b>Recubrimiento</b>	<b>2</b>	<b>19,395</b>	<b>19,395</b>	<b>9,697</b>	<b>6,36</b>	<b>0,005</b>
Condiciones	1	0,073	0,073	0,073	0,05	0,828
Recubrimiento*Condiciones	2	2,483	2,483	1,242	0,81	0,452
Error	30	45,742	45,742	1,525		
Total	35	67,693				

S = 1,23480    R-Sq = 32,43%    R-Sq(adj) = 21,17%  
CV= 1.30784 %

Cuadro 25. Analysis of Variance for peso Dia 14 (%), using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
<b>Recubrimiento</b>	<b>2</b>	<b>60,248</b>	<b>60,248</b>	<b>30,124</b>	<b>8,85</b>	<b>0,001</b>
Condiciones	1	10,169	10,169	10,169	2,99	0,094
Recubrimiento*Condiciones	2	6,851	6,851	3,425	1,01	0,378
Error	30	102,122	102,122	3,404		
Total	35	179,391				

S = 1,84501    R-Sq = 43,07%    R-Sq(adj) = 33,58%  
CV = 2.02082%

Cuadro 26. Least Squares Means

		Peso Día 7 (%)		Peso Día 14 (%)	
		Mean	SE Mean	Mean	SE Mean
Recubrimiento					
<b>Látex</b>		<b>94,88</b>	<b>0,3565</b>	<b>92,19</b>	<b>0,5326</b>
<b>a</b>					
<b>Látex + resina</b>		<b>93,38</b>	<b>0,3565</b>	<b>89,47</b>	<b>0,5326</b>
<b>b</b>					
<b>Sin Recubrimiento</b>		<b>94,99</b>	<b>0,3565</b>	<b>92,25</b>	<b>0,5326</b>
<b>a</b>					
Condiciones					
Ambiente		94,37	0,2910	90,77	0,4349
Cámara		94,46	0,2910	91,83	0,4349
Recubrimiento*Condiciones					
Látex	Ambiente	94,51	0,5041	91,19	0,7532
Látex	Cámara	95,26	0,5041	93,19	0,7532
Látex + resina	Ambiente	93,65	0,5041	89,52	0,7532
Látex + resina	Cámara	93,11	0,5041	89,42	0,7532
Sin Rec	Ambiente	94,95	0,5041	91,60	0,7532
Sin Rec	Cámara	95,02	0,5041	92,89	0,7532

## Comparación de medias (7 y 14 días) mediante prueba de Tukey

Cuadro 27. One-way ANOVA: peso día 7 (%) versus Recubrimiento

Source	DF	SS	MS	F	P
Recubrimiento	2	19,39	9,70	6,63	0,004
Error	33	48,30	1,46		
Total	35	67,69			

S = 1,210    R-Sq = 28,65%    R-Sq(adj) = 24,33%

Cuadro 27.1 Grafica de valores de comparación de medias

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
Latex	12	94,885	1,226	(-----*-----) a
Latex + resina	12	93,381	1,474	(-----*-----) b
Sin Rec	12	94,987	0,845	(-----*-----) a
				-----+-----+-----+-----+-----
				92,80      93,60      94,40      95,20

Cuadro 28. One-way ANOVA: pesoDia 14 (%) versus Recubrimiento

Source	DF	SS	MS	F	P
Recubrimiento	2	60,25	30,12	8,34	0,001
Error	33	119,14	3,61		
Total	35	179,39			

S = 1,900    R-Sq = 33,58%    R-Sq(adj) = 29,56%

Cuadro 28.1 Grafica de valores de comparación de medias.

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
Latex	12	92,188	2,074	(-----*-----) a
Latex + resina	12	89,473	2,207	(-----*-----) b
Sin Rec	12	92,246	1,288	(-----*-----) a
				-----+-----+-----+-----+-----
				88,5      90,0      91,5      93,0

## Respiración

Cuadro 29. Respiración de tomates almacenados a temperatura ambiente.

<b>Tiempo (min)</b>	<b>SR testigo</b>	<b>LT testigo</b>	<b>LE testigo</b>	<b>SR día 7</b>	<b>LT día 7</b>	<b>LE día 7</b>	<b>SR día 14</b>	<b>LT día 14</b>	<b>LE día 14</b>
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	13,943	18,27	16,008	22,732	24,884	24,995	13,766	21,2	19,427
4	29,055	35,044	32,194	42,43	45,827	46,162	29,196	39,79	38,576
6	40,08	46,692	42,925	54,942	57,875	63,905	40,675	52,191	50,91
8	47,303	57,911	50,218	62,176	64,164	70,506	47,856	59,43	58,942
10	52,684	62,694	54,688	67,01	69,954	76,692	53,41	63,921	63,958
12	56,255	65,384	57,485	70,156	74,387	81,054	57,127	65,864	66,79
14	59,874	66,813	59,446	71,709	78,129	83,994	60,847	67,49	70,013
16	61,308	67,548	60,866	72,622	80,06	86,928	63,35	68,932	70,682
18	62,92	68,283	61,874	75,872	82,085	88,564	65,044	68,834	70,706
20	63,521	67,863	63,653	77,602	82,653	89,431	66,601	68,856	70,79

Cuadro 30. Respiración de tomates almacenados en cámara.

<b>Tiempo (min)</b>	<b>SR testigo</b>	<b>LT testigo</b>	<b>LE testigo</b>	<b>SR día 7</b>	<b>LT día 7</b>	<b>LE día 7</b>	<b>SR día 14</b>	<b>LT día 14</b>	<b>LE día 14</b>
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	13,943	18,27	16,008	10,64	19,131	19,752	19,455	14,893	13,863
4	29,055	35,044	32,194	28,918	38,015	37,637	38,849	30,667	29,765
6	40,08	46,692	42,925	41,867	51,189	49,626	50,112	41,709	41,861
8	47,303	57,911	50,218	50,558	58,707	57,937	57,064	47,858	50,756
10	52,684	62,694	54,688	57,385	63,928	62,734	61,997	52,53	56,037
12	56,255	65,384	57,485	60,57	68,508	67,347	64,45	55,114	59,642
14	59,874	66,813	59,446	62,467	70,627	69,71	65,675	57,322	61,858
16	61,308	67,548	60,866	64,108	71,714	71,666	66,272	59,268	63,958
18	62,92	68,283	61,874	64,173	71,996	72,982	66,348	61,398	66,795
20	63,521	67,863	63,653	65,653	72,001	73,776	66,533	61,723	69,333