

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS**



**Efecto de la Aplicación de Recubrimiento Agrofilm AP sobre la  
Calidad de Tomate Bola (*Lycopersicon esculentum* Mill)  
en Condiciones de Almacenamiento**

**Por:**

**NORMA MARTÍNEZ MARTÍNEZ**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:**

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Junio de 2004**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS

**Efecto de la Aplicación de Recubrimiento Agrofilm AP sobre la  
Calidad de Tomate Bola (*Lycopersicon esculentum* Mill)  
en Condiciones de Almacenamiento**

**TESIS**

**Por:**

**NORMA MARTÍNEZ MARTÍNEZ**

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:

**MC. ANTONIO F. AGUILERA CARBÓ**  
PRESIDENTE

**DR. ALFONSO REYES LÓPEZ**  
VOCAL

**MC. ALFREDO SÁNCHEZ LÓPEZ**  
VOCAL

**MC. HÉCTOR U. SERNA FERNÁNDEZ**  
SUPLENTE

**DR. RAMÓN F. GARCÍA CASTILLO**  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Junio de 2004.**

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a **Dios** por darme la dicha y la fortuna de vivir en esta vida maravillosa y darme la sabiduría para la culminación de uno de mis sueños más anhelados.

Al **MC. Antonio Aguilera Carbó**, porque además de haber sido mi maestro, siempre ví en él a un amigo, gracias por su apoyo incondicional y participación en la revisión de este trabajo.

Al **MC. Héctor Uriel Serna Fernández**, por su amabilidad y generosidad, por la delicada revisión de este trabajo, sinceramente gracias.

Al **Dr. Alfonso Reyes López**, por su apoyo como asesor y por la confianza que me brindó para llevar acabo este proyecto de investigación.

Al **MC Alfredo Sánchez López**, por su colaboración como asesor en la realización de este proyecto.

A la **MC. Mildred Flores**, por su asesoría en el laboratorio de postcosecha, gracias por ser tan linda conmigo.

Al **MC. Roberto Nava Coronel**, por su amistad incondicional, por sus consejos y apoyo en todo momento. Gracias a la **FEMAC** por facilitarme el equipo de cómputo para la captación de esta tesis.

Al **Dr. Ramón F. García Castillo**, por su apoyo incondicional en todo momento, sinceramente gracias.

A mi **Alma Mater y a los maestros del departamento de Nutrición y Alimentos**, que fueron parte importante en mi formación profesional.

## DEDICATORIA

**Con cariño y afecto para las personas que más amo.**

**María Martínez Angelina y Nicolás Martínez Antonia.** Agradezco por todo el amor que me han brindado en todo momento, por sus preocupaciones y cuidados, por el ejemplo de ser una persona humilde, honesta y de respeto que siempre inculcaron en mí.

**A mis hermanos:**

**A Phylo, Thaly, Berna, Erika, Lucy, Quique, Charly, Jaime, Bardo, Rubi, Cecy, Gero, Lidia, Reyna, Liz, Myky, Luís, Lourdes, Chito, Mary, Marcos, Julián** por el amor y cariño que me han brindado y por los pocos, pero significativos momentos felices que hemos pasado juntos, sinceramente gracias, los amo.

**A mis amigos:**

**A Yesy, Mary, Gely, Gloria, Yahaira, Abe, Rosy, Berna, Mussito, Manuel, Hugo, Juan, Peluso, Charly** por brindarme esos momentos tan maravillosos, por las aventuras y travesuras que hemos pasado juntos. Gracias por todo ese incondicional apoyo que recibí de ustedes en los momentos que más lo necesité; aunque estemos alejados físicamente siempre los tendré presentes en mi corazón y mente, sinceramente les deseo lo mejor.

Especialmente a **Power Woman “Tessy”** por tu amistad incondicional presente en todo momento y por tu loca, animadora e inmensa alegría contagiante manifiesta en esa tierna y poderosa mirada capaz de vencer y lograrlo todo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
RESUMEN.....	ix
<b>I INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Hipótesis.....	2
1.3 Justificación.....	3
<b>II REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Generalidades del tomate.....	4
2.2 Manejo postcosecha del tomate.....	5
2.3 Fisiología postcosecha de frutas y hortalizas.....	11
2.3.1 Respiración.....	11
2.3.2 Transpiración.....	12
2.3.3 Maduración y senescencia.....	12
2.4 Principales causas de las pérdidas postcosecha.....	14
2.5 Enfermedades del tomate .....	15
2.6 Factores ambientales que causan deterioro en tomate.....	18
2.6.1 Temperatura.....	18
2.6.2 Humedad Relativa.....	19
2.6.3 Composición de la atmósfera. ....	20
2.7 Generalidades de los polímeros.....	21
2.8 Polímeros comestibles y biodegradables.....	22
2.9 Efectos de la aplicación de cubiertas a frutos.....	23
2.10 Características fisicoquímicas del producto Biofruit.....	26
2.11 Características fisicoquímicas del producto Agrofilm AP.....	27

<b>III MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	28
3.1 Localización.....	28
3.2 Material vegetal.....	28
3.3 Parámetros evaluados .....	28
3.4 Descripción de los tratamientos.....	29
3.5 Procedimiento experimental.....	30
3.6 Diseño estadístico.....	32
<b>IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	33
4.1 Pérdida de peso.....	33
4.2 Respiración.....	35
4.3 Color.....	37
4.4 Brillo.....	40
4.5 Firmeza.....	43
4.6 Sólidos solubles totales.....	46
4.7 Daños visuales.....	49
<b>V CONCLUSIONES</b> .....	51
<b>VI RECOMENDACIONES</b> .....	52
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	53
<b>APÉNDICE</b> .....	57

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Página
1. Descripción de los tratamientos aplicados a frutos de tomate.....	29
2. Diseño de la evaluación de los frutos de tomate.....	29
3. Significancia de las fuentes de variación para las variables estudiadas.....	33
4. Evolución de color (relación a/b) en frutos de tomate.....	39
5. Comparación de medias de la variable brillo en frutos de tomate.....	41
6. Comparación de medias de la variable firmeza en frutos de tomate.....	44
7. Comparación de medias de la variable sólidos solubles totales en tomate...	47
8. Porcentaje de daños presentados en frutos de tomate.....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.	Página
1. Pérdida de peso en frutos de tomate expuestos a temperatura ambiente en respuesta a los tratamientos estudiados.....	34
2. Actividad respiratoria en frutos de tomate tratados con cubiertas orgánicas, expuestos a refrigeración y a temperatura ambiente .....	36
3. Actividad respiratoria en frutos de tomate tratados con cubiertas orgánicas, expuestos a temperatura ambiente.....	36
4. Gráfica de colores, coordenadas de cromaticidad ( $L^*$ $a^*$ $b^*$ ).....	38
5. Evolución del brillo de tomates tratados con cubiertas orgánicas, expuestos a refrigeración y a temperatura ambiente, experimento 1 2 y 3.....	42
6. Evolución de la firmeza en tomates tratados con cubiertas orgánicas, expuestos a refrigeración y a temperatura ambiente, experimento 1, 2 y 3...	45
7. Concentración de sólidos solubles totales en tomate, tratados con cubiertas orgánicas, expuestos a refrigeración y a temperatura ambiente, experimento 1, 2 y 3.....	48



## I INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) es una hortaliza de gran producción y consumo a nivel nacional. Actualmente, la superficie sembrada es de 82, 490 ha, ubicadas principalmente en los estados de Sinaloa, Baja California, San Luís Potosí y Michoacán (Sagarpa, 2002). México es el principal proveedor de tomate en fresco a Estados Unidos de América. De entre las variedades destacan principalmente el tipo “bola”.

Las frutas y vegetales frescos, como productos altamente perecederos sufren deterioros elevados directa e indirectamente entre el campo y el consumidor final. Los países en desarrollo pierden entre un 40 y un 50 por ciento de sus productos hortícolas durante la postcosecha como consecuencia de insuficientes trabajos científicos y la escasa tecnología aplicada en el manejo postcosecha, principalmente en la falta de control de calidad en los procesos de maduración de los frutos (FAO., 1993).

Con la incorporación al Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), el nuevo panorama exige estrategias para permanecer y crecer en un mercado altamente competitivo, lo que requiere de calidad en el fruto para el consumidor, en anaquel.

Una alternativa para reducir las pérdidas y mantener los productos con la mayor conservación de sus cualidades obtenidas en el campo, es la utilización de cubrientes

naturales y sintéticos. Estas cubiertas actúan como barreras protectoras frente a pérdidas fisiológicas de peso, expresado en agua, por transpiración excesiva, acción de patógenos, radiaciones solares y frente a contaminantes (Cáceres *et al.*, 2003), esto es debido a la formación de una película sobre la superficie del fruto que actuará como interfase entre la célula vegetal y el medio. Por tal motivo se plantearon los siguientes objetivos.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Evaluar el efecto del polímero Agrofilm AP a diferentes concentraciones sobre parámetros de calidad de tomate, bajo condiciones de almacenamiento.

### **Objetivo específico**

- Determinar la concentración del polímero Agrofilm AP que mejor conserve la calidad postcosecha del tomate tipo “bola” en condiciones de almacenamiento.

## **1.2 HIPÓTESIS**

- Las cubiertas orgánicas permiten disminuir la pérdida en postcosecha de los productos hortícolas al incidir en los factores que incrementan el proceso de deterioro como son la transpiración y respiración.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

A pesar de que el contenido de agua en las frutas es considerado primordial para mantener frutos turgentes con calidad aceptable, aún se desconoce la relación que existe entre el estado hídrico del producto hortofrutícola, el manejo poscosecha y las condiciones de almacenamiento. Este fenómeno, se puede reducir de manera significativa en función de las condiciones óptimas de almacenamiento del producto (temperatura y humedad relativa) y manejo poscosecha (encerado). El encerado se realiza con el fin de restaurar las ceras naturales perdidas en el fruto debido a la manipulación inadecuada, protegerlo de la entrada de patógenos, disminuir la velocidad de transpiración reduciendo la pérdida de agua y proporcionarle más brillantez.

Esta investigación permitirá establecer estrategias para la comercialización, enfocadas en mantener la calidad (apariencia y firmeza del tomate) evitando el deterioro en los cambios que ocurren en los atributos de calidad en función de las diferentes condiciones de almacenamiento (temperatura y humedad relativa) y manejo poscosecha (encerado).

## II REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 GENERALIDADES DEL TOMATE

En México, el tomate es la segunda especie hortícola más importante por la superficie que ocupa y como la primera por su valor de producción; contribuye con el 50% de la producción hortícola en el mundo. México ocupa el décimo lugar a nivel mundial como productor de jitomate, pero es el tercer comercializador del producto en el mundo, representa el 37% del valor total de las exportaciones de legumbres y hortalizas. El 70% de la producción se concentra en los estados de Sinaloa (39.9%), Baja California (14.7%), San Luis Potosí (7.9%) y Michoacán (6.9%), (ASERCA., 1998).

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 porcentajes: 95 de agua y el resto (5%) corresponde a sólidos. El 55% de los sólidos lo componen los azúcares (fructosa, glucosa, sacarosa); el 21% sólidos insolubles, alcohol, proteínas, celulosa, pectina, polisacáridos; el 12% ácidos orgánicos (cítrico, málico, galacturónico); el 7% compuestos inorgánicos (P y K) y el 5% lo componen el ácido ascórbico, compuestos volátiles, aminoácidos. El almacenamiento y la preparación del producto fresco después de la cosecha afectan en diversas formas su valor nutritivo.

## **2.2 MANEJO POSTCOSECHA**

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

### **2.2.1 Recolección y calidad del fruto**

El periodo postcosecha se inicia al momento de la recolección de los frutos. Uno de los factores más importantes es el índice de madurez según el mercado al que esté dirigido, condiciones de transporte y la temperatura. Las temperaturas óptimas para una buena recolección son entre 21 a 28 °C.

La calidad de los frutos al momento de la recolección depende de las características de la variedad, condiciones climatológicas y prácticas culturales. La calidad está determinada por el color, forma, tamaño, ausencia de defectos, firmeza y sabor, estas características son importantes para el almacenamiento y resistencia al transporte.

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. La calidad de los tomates es influenciada por la dureza de la epidermis, la firmeza de la pulpa y la estructura interna del fruto (relación material pericarpio/material lóbulos) los cuales varían mucho entre cultivares. La fuerza óptima de separación del fruto del pedúnculo debe ser

alrededor de 1,2 a 2,2 kg., y la fuerza para romper la capa de abscisión debe ser 0.7 kg mayor que la necesaria para la separación del fruto del pedúnculo.

La producción de la enzima solubilizante de la pared celular (poligalacturonasa) durante la maduración, juega un rol significativo en los cambios de textura. El contenido en sólidos solubles en la mayor parte de las variedades se sitúa entre 4,5 y 5,5 °Brix, aunque más que el carácter varietal influye sobre el contenido en sólidos solubles factores agrológicos, especialmente la climatología durante el período de maduración y el riego (volumen total de agua, momento de corte de riego) que pueden hacer variar los ° Brix para frutos de una misma variedad entre 4 y 7. (Elhadi M. *et al.*, 1992).

### ***2.2.2 Transporte***

En el transporte hasta el almacenamiento, la manipulación debe efectuarse tan pronto como sea posible para evitar que los frutos recolectados permanezcan bajo los efectos del sol, viento y temperaturas elevadas durante periodos innecesarios, ya que aceleran los procesos de maduración y senescencia. El transporte debe realizarse a una velocidad reducida, para evitar daños que se pueden provocar por las vibraciones. Los Tomates verde maduros deben ser transportados entre 13-18°C.

### **2.2.3 Recepción en el almacén de manipulación**

La descarga del vehículo se lleva a cabo mediante el empleo de carretillas elevadas o con transpalets con la finalidad de reducir gastos, simplificar la manipulación y disminuir los riesgos de golpes a daños mecánicos. La descarga de las cajas en la línea de manipulación representa un punto en el que provocan importantes pérdidas por daño

mecánico en los frutos al golpearse unos con otros, para reducir la incidencia de estos daños se puede regular la salida de los frutos mediante cilindros de cepillos o por láminas flexibles (Elhadi M. *et al.*, 1992).

#### **2.2.4 Limpieza y desinfección**

Consiste en eliminar cualquier material extraño existente sobre la superficie del tomate que afecten su apariencia como: polvo, hojas, residuo de plagas, microorganismos entre otros. Al final del lavado se realiza una aspersión de agua con cloro para desinfectar la superficie del fruto, disminuir la infección de patógenos, pero no detiene el proceso de infección establecida (Elhadi M. *et al.* 1992).

#### **2.2.5 Preenfriado**

El preenfriado es el proceso mediante el cual hay una eliminación rápida de calor de campo en productos cosechados. Este tratamiento disminuye la velocidad de respiración, de transpiración, la velocidad de producción de etileno y la sensibilidad del producto así como los cambios bioquímicos, también reduce la infección y crecimiento de microorganismos conservando por más tiempo el producto final (Elhadi M. *et al.* 1992).

La rapidez a la cual se debe enfriar un producto depende de la rapidez de deterioro, el lugar de destino, los requisitos de calidad del mercado y costos del preenfriado. Existen varios métodos: enfriamiento en cuarto refrigerado, enfriamiento con aire forzado, hidro-enfriamiento, y enfriamiento por vacío (Elhadi M. *et al.*, 1992).

#### **2.2.6 Selección**

Se busca separar los productos “buenos” de los “malos”, es decir los que cumplan los criterios mínimos para ser comercializados. Se deben descartar los productos atacados por microorganismos, rajados, quemados, frutos pequeños, malformados, hojas, tallos y otros elementos que acompañan al tomate en el envase de campo. Estas operaciones son ejecutadas en un precalibrador de mallas o rodillos y sobre un transportador.

### **2.2.7 Clasificación**

La clasificación es un factor que tiene mayor influencia en las características del producto final. Aquí los frutos se clasifican por criterios de calidad, los principales son: tamaño, color, forma, estado de madurez. Resultado de este proceso se establecen categorías, tales como calibres y calidades (Extra, exportación, primera, segunda).

La apariencia, firmeza, comportamiento de maduración y la vida en estante, son los factores de calidad más importantes para los comerciantes y distribuidores del mercado; en cambio, los consumidores consideran de buena calidad aquellos tomates que tienen en principio buen aspecto, firmes, de color adecuado, buen sabor y adecuado valor nutritivo (Elhadi M. *et al.*, 1992).

La apariencia de los tomates esta muy influenciada por la presencia y la magnitud de los defectos. Defectos de menor envergadura que no comprometan la calidad comestible son aceptables, pero defectos serios pueden influenciar la apariencia, firmeza, marchites y susceptibilidad a las enfermedades.



La clasificación por diámetro o calibración se realiza de acuerdo a las necesidades de separar los frutos de diámetro semejante con el fin de tener un empaclado con un tamaño uniforme, se lleva a cabo en dos etapas: en la primera, se eliminan frutos con diámetro pequeño para ser considerado comercial; en la segunda, se separan los frutos de acuerdo con las especificaciones de las normas norteamericanas de calidad para tomates frescos, como son: extra chico, mediano, grande, extra grande (Elhadi M. *et al.*, 1992).

El color es el indicador para la clasificación del fruto, se refiere a la manifestación que presenta el tomate, tanto interno como externo, y según el grado de madurez que presenta con el fin de facilitar el empaclado y satisfacer las expectativas del consumidor. En nuestro país se cosechan los tomates en los siguientes estados:

**Verde maduro:** son tomates que han alcanzado el desarrollo máximo; son de color verde y el extremo apical presenta una mancha blanca, variando el tono de verde según la variedad.

**Pintón:** presentan un comienzo de la aparición del color típico de la variedad, entre un 10 a un 30 % de la superficie del fruto presenta color amarillo pálido, rosado, rojo o una combinación de ambos.

**Rosado:** son tomates con leve coloración rosada entre un 30 a un 60 %.

**Rojo intenso:** son tomates que presentan más del 90 % de color rojo típico de la variedad.

La mínima madurez para cosecha del tomate (Verde Maduro) se define en términos de la estructura interna del fruto: las semillas están completamente desarrolladas y no se cortan al rebanar el fruto. El color rojo del tomate es la consecuencia de la degradación de la clorofila en los cloroplastos y la síntesis de caroteno y licopeno, a medida que estas estructuras son convertidas en cromoplastos. Aproximadamente el 80% del color rojo proviene del carotenoide licopeno; el 20% restante consiste en B-caroteno y xantofilas. El licopeno se sintetiza en el rango de 16-32° C (Izquierdo *et. al.*, 1992).

### **2.2.8 Encerado**

El propósito es la restauración de las ceras naturales perdidas en el producto por el lavado y la desinfección, la cera aplicada protege el producto de la entrada de agentes patológicos, evita la pérdida de agua por transpiración y disminuye la entrada de oxígeno. Mejora el aspecto y brillo del fruto. Puede ser aplicada directamente al producto, mediante una espuma, por aspersion o inmersión. (Elhadi M. *et al.*, 1992).

### **2.2.9 Envasado y Empacado**

Este puede ser manual o mecánico, dependiendo del volumen de manipulación. Es una forma de protección en contra de daño mecánico como puede ser heridas, daño por compresión, daño por impacto, abrasiones. El empaque debe dispersar los subproductos de la respiración, principalmente bióxido de carbono y calor, para lograr esto se aplica ventilación. El empaque debe ajustarse a las normas de manejo, tamaño, peso y mercado (Elhadi M. *et al.*, 1992).

## **2.3 FISIOLÓGÍA POSTCOSECHA DE 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, y se ven obligados a consumir sus reservas; cuando éstas se agotan se inicia un proceso de envejecimiento que conduce a la descomposición y a la putrefacción. Los principales procesos fisiológicos normales que conducen al envejecimiento son la respiración y la transpiración.

### **2.3.1 Respiración**

La respiración es el proceso por el que los frutos absorben oxígeno y desprenden dióxido de carbono y agua. El oxígeno descompone los hidratos de carbono de la fruta en dióxido de carbono y agua.

El tomate es un fruto climatérico, debido a que presenta un periodo de aumento significativo de la actividad respiratoria asociada al final del proceso de maduración. Este periodo de respiración climatérica es una fase de transición entre la maduración y la senescencia. Un fruto climatérico permitirá ser cosechado y manipulado en estado pre-climatérico, en este estado, la tasa de respiración se encuentra a un mínimo. Se reporta una tasa de respiración de 18 - 26 ml CO<sub>2</sub> / kg.hr en tomates verde maduro y 18-30 ml CO<sub>2</sub> / kg.hr en tomates madurando (FAO., 1993).

El aire contiene alrededor de un 20 % de oxígeno, que es esencial para el proceso normal de respiración del fruto. Cuando disminuye la disponibilidad de aire y la proporción de oxígeno en el entorno se reduce en un 2 %, la respiración es sustituida por un proceso de fermentación que descompone los azúcares en alcohol y dióxido de carbono, y ese alcohol hace que el producto tenga un sabor desagradable y promueve el

envejecimiento prematuro. De la misma forma, el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera hasta valores entre 1-5 %, estropea rápidamente el producto, causando sabores desagradables, descomposición interna, detención del proceso de maduración y otras condiciones fisiológicas anormales (FAO., 1993).

### **2.3.2 Transpiración**

La transpiración es la pérdida de agua a través de los poros, lenticelas y estomas de las frutas y hortalizas provocando la disminución de peso, marchitamiento y pérdida de textura. La transpiración es afectada por factores internos y externos, dentro de los internos cabe mencionar: el tipo de tejido, el área de contacto del producto con el ambiente y la sanidad del producto; los externos: la humedad relativa, la temperatura ambiental y las corrientes del aire. La superficie de todos los vegetales está recubierta de una capa cerosa o suberosa de piel o cáscara que limita la pérdida de agua. Cuando el producto recolectado pierde de un 5.5 a un 10 por ciento de su peso original, empieza a secarse y pronto resulta inutilizable.

### **2.3.3 Maduración y senescencia de los frutos**

La maduración es el proceso que involucra al conjunto de cambios que llevan a los frutos a obtener su máxima calidad comestible y estética, mediante cambios en el sabor, color, textura y otros atributos sensoriales. La senescencia es un proceso deteriorativo el cual naturalmente termina con la vida funcional de un órgano; por tanto la maduración se considera como un fenómeno parcial de la senescencia (SICA., 2004).

En la maduración ocurre una desorganización celular, siendo el principal responsable el etileno, el cual estimula el proceso de transcripción genética, ordenándose la formación de las enzimas como ciertas hidrolasas (que provocan la degradación de la clorofila, almidón, sustancias pécticas); así como activación de aquellas enzimas responsables de la biosíntesis de aromas, pigmentos, compuestos de alta energía fosforilativa y polipéptidos (SICA, 2004).

El etileno es una hormona vegetal que acelera los procesos metabólicos de los frutos climatéricos. El aumento en la producción de etileno es causado por el estrés del fruto, que puede ser provocado por naturaleza química, por insectos, por daños mecánicos, enfermedades, por rotura hídrica, por radiaciones, etc. Es importante el efecto de la concentración de anhídrido carbónico, a mayor concentración, disminuye la producción de etileno.

Una maduración rápida del fruto del tomate ocurre a temperaturas entre 12.5-25 °C; HR 90-95%. Los frutos de tomate son sensibles al etileno presente en el ambiente y la exposición de los frutos Verde Maduro a este gas inicia su maduración. Debe mantenerse una buena circulación de aire para asegurar uniformidad en la temperatura del cuarto de maduración y prevenir la acumulación de CO<sub>2</sub> ya que el CO<sub>2</sub> retarda la acción del etileno para estimular la maduración. La temperatura óptima de maduración del tomate que asegura buena calidad sensorial y nutricional es a 20° C. A esta temperatura el desarrollo de color es óptimo y la retención de vitamina C alta. Los tomates separados de la planta y madurados a temperaturas superiores a 25° C desarrollan un color más amarillo y menos rojo con menor firmeza.

## 2.4 PRINCIPALES CAUSAS DE LAS PÉRDIDAS POSTCOSECHA EN FRUTAS Y HORTALIZAS

Existen muchas causas que ocasionan las pérdidas de postcosecha, las causales pueden agruparse como primarias y secundarias (FAO., 1987).

### Causas primarias

- *Biológicas y microbiológicas*: Causado por plagas y enfermedades.
- *Químicas y bioquímicas*: Contaminación con pesticidas, productos químicos y toxinas.
- *Mecánicas*: Heridas, Abrasiones, caídas y desgarres durante el corte.
- *Medio ambiente físico*: Sobrecalentamiento, heladas, deshidratación.
- *Fisiológicas*: Brotación, envejecimiento y cambios causados por la respiración y transpiración.

### Causas secundarias

- *Secado o curado inadecuado*
- *Infraestructura de almacenamiento y/o administración inadecuados.*
- *Transporte inadecuado.*
- *Planificación inadecuada de la producción y de la cosecha.*
- *Sistema de mercadeo inadecuado.*
- *Legislación inadecuada o inapropiada.*

## 2.5 ENFERMEDADES DEL TOMATE EN POSTCOSECHA

### **Podredumbre Blanda (*Erwinia carotovora*)**

Se presenta en el período que va desde la cosecha hasta comercialización. El agente causal es una bacteria, habitante natural del suelo, que se encuentra en restos vegetales, envases etc. La podredumbre, se desarrolla en cualquier parte del fruto que ha sido dañado por alguna causa. La lesión se presenta como una podredumbre blanda, que transforma a los tejidos en una masa acuosa de olor desagradable.

Las causas que inciden en la aparición de la enfermedad son: Temperaturas entre 25 - 30 °C, después de cosecha, HR alta después de cosecha, exceso de lluvias (en cultivo), manejo inadecuado de tomates en el embalaje, envases y galpones sucios.

### **Podredumbre agria (*Geotrichum candidum*)**

Es una enfermedad típica de poscosecha produciendo grandes pérdidas. El agente causal es un habitante natural del suelo; la difusión del hongo se puede producir por insectos, lluvias y viento y al ponerse en contacto con lesiones del fruto se desarrolla la podredumbre, manifestándose por una desintegración de los tejidos, de consistencia firme y luego húmeda. La epidermis se presenta arrugada y puede aparecer un micelio blanco-amarillento y olor característico a vinagre. Las condiciones predisponentes son alta humedad relativa y temperaturas de 30 °C. Ataca tanto los frutos verdes como los maduros.

### **Podredumbre Húmeda (*Rhizopus stolonifer*)**

Es tal vez la enfermedad más seria en poscosecha. El hongo penetra por heridas y ataca preferentemente frutos maduros. Las condiciones predisponentes son: alta humedad relativa y temperaturas entre 23 - 26 °C. Los síntomas en frutos son manchas pardas, los tejidos se ablandan y drenan líquido al romperse la piel, apareciendo un olor característico a fermentación y la eflorescencia oscura del hongo que lo diferencia de *erwinia carotovora*. Temperaturas de conservación bajas detienen el proceso.

### **Podredumbre por (*Alternaria tenuis*)**

Es una enfermedad que aparece en el campo y en almacenamiento. La zona afectada se mantiene firme y seca, toma una coloración negruzca con la superficie algo húmeda. Sobre la lesión se desarrolla una eflorescencia gris oscura, constituida por el micelio y la fructificación del hongo. Las condiciones predisponentes son: Rajaduras, picaduras de insectos, temperaturas bajas durante el ciclo del cultivo, temperaturas que produzcan DPE, quemaduras de sol, podredumbre apical, HR alta y temperaturas entre 24-28 °C.

### **Podredumbre por (*Phytophthora parasítica*)**

Es una enfermedad del cultivo, aparece durante el transporte y la comercialización, pasando la infección del fruto enfermo al sano. Aparecen manchas con una alternancia de zonas claras y oscuras, los tejidos se mantienen firmes. Las causas que inciden en la aparición del problema son: Suelos mal drenados, épocas de HR y temperaturas elevadas.



## **Podredumbre gris ( Botrytis cinerea )**

No es común encontrarla en el mercado. Las lesiones sobre el fruto, aparecen en las áreas del hombro adyacentes a la cicatriz del pedúnculo y cáliz. Las áreas pueden tener un aspecto acuoso, virando las manchas del color verde al marrón.

El desarrollo del hongo es más rápido a temperaturas de 24-16 °C; y es más lenta a temperaturas bajas incluso a 0°C. Tomates expuestos a temperaturas moderadas bajas por períodos prolongados, son más susceptibles a la podredumbre que aquellos a temperaturas normales. La mayoría de las podredumbres vistas en el mercado son originarias por infecciones ocurridas en el campo, en el momento de la cosecha o del empaque.

### **Control**

- Cultivar tomate en áreas de bajas precipitaciones o de suelos bien drenados.
- Mantener estado sanitario en cultivo y plantación.
- Los frutos no deben tocar el suelo, para evitar infecciones.
- No recolectar en épocas de bajas temperaturas que debilitarán los frutos y facilitarán la aparición de *Alternaria tenuis*. Manejo adecuado de los frutos en la recolección.
- Desinfectar cajones con bactericidas. Evitar golpes, descartar frutos rajados.
- Cosecha en condiciones de baja humedad relativa ambiental.
- Refrigerar el tomate de acuerdo a la temperatura para cada estado de madurez.
- Frutos virados deben mantenerse a menor humedad relativa (85 %) y 21 °C.

## 2.6 FACTORES AMBIENTALES QUE CAUSAN DETERIORO EN TOMATE

Los factores ambientales de más influencia son: la temperatura, la humedad relativa, la composición de la atmósfera, la presencia de etileno. Manejando adecuadamente estos factores, e impidiendo daños mecánicos y la acción de microorganismos, podemos lograr productos de alta calidad y de mayor tiempo de vida (Zagory y Kader, 1989).

### 2.6.1 Manejo de la Temperatura

El manejo de la temperatura es delicado debido a que la aplicación de un rango depende del: estado de madurez, efecto que queremos lograr (Para mantener el estado de madurez o para lograr avanzar el color) y tiempo que queremos conservar el producto. Al bajar la temperatura, sin sobrepasar la temperatura crítica o el punto de congelación, se bajan los procesos de respiración, transpiración. Se retardan también los procesos de maduración y senescencia, se disminuye la actividad microbiana.

**Daño por frío (DPF)** Cada producto presenta una temperatura óptima para su maduración y otra para su conservación. Los frutos de tomate en estado verde maduro son susceptibles a daño por enfriamiento (DPE), es el desorden fisiológico provocado por el almacenaje prolongado de frutos 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. La sintomatología del DPE se caracteriza por maduración anormal y desuniforme, pérdida de agua, depresiones superficiales laminares y circulares, pardeamiento de semilla, desarrollo de patógenos como *Alternaria*, que causa la pudrición negra de mayor importancia en almacenamiento prolongado y *Botrytis*

*cinerea*, aumento de producción de CO<sub>2</sub> y etileno al trasladarla a temperatura ambiente, mayor susceptibilidad a enfermedades, y mayor permeabilidad de membranas celulares provocando salida de iones; siendo el daño más severo durante el almacenamiento por largos períodos a bajas temperaturas causando cambios bioquímicos y fisiológicos (González A.2000., Mier et.al, 1995., Hardenburg., 1988).

### **2.6.2 Control de la Humedad Relativa**

Su elevación disminuye la transpiración pero favorece el desarrollo de microorganismos, por lo que debe encontrarse un adecuado punto de equilibrio. La humedad relativa óptima para la conservación del fruto de tomate fluctúa entre 90-95 %; humedades relativas más bajas pueden llevar a pérdidas excesivas de agua y degradación de las pectinas después de pocos días y HR más elevadas pueden favorecer ataques fúngicos (Muñoz, 1985).

Cualquier ruptura de la superficie, rajadura o golpe, aumenta en forma importante la pérdida de agua. La zona de separación del fruto con el pedúnculo es responsable de casi el 90 % de la pérdida de agua en tomates sanos.

La ventilación es un factor importante que también influye en la pérdida de agua. Cuanto más deprisa se mueve el aire alrededor de los productos frescos más rápidamente pierden agua. Sin embargo, la ventilación de los productos es esencial para eliminar el calor producido por la respiración, pero la velocidad de renovación del aire debe mantenerse lo más baja posible (FAO., 1993).

### 2.6.3 Composición de la Atmósfera

La reducción de los niveles de oxígeno y la elevación del contenido de CO<sub>2</sub> ya sea intencional (uso de atmósferas controladas o modificadas, uso de empaque especiales) puede ser favorable por retardar los procesos metabólicos.

La atmósfera modificada consiste en la conservación de frutas y hortalizas bajo películas plásticas con una permeabilidad definida (entra poco O<sub>2</sub> y sale mucho CO<sub>2</sub>). Disminuyendo la concentración de oxígeno o aumentando la concentración de dióxido de carbono se va a frenar la respiración manteniendo el producto durante más tiempo con calidad óptima. La proporción oxígeno/CO<sub>2</sub> es distinta para cada producto por lo que habrá que ver cual es la más adecuada en cada caso. Esta técnica se fundamenta en la modificación de las condiciones gaseosas iniciales del entorno debido al metabolismo del producto y la barrera semipermeable del embalaje (Catalá y Gavara, 2000).

El almacenamiento en atmósfera controlada ofrece un beneficio moderado. Las bajas concentraciones de O<sub>2</sub> (3-5%) retrasan la maduración y el desarrollo de pudriciones en la cicatriz del pedúnculo y en la superficie sin afectar severamente la calidad sensorial para la mayoría de los consumidores. Sin embargo, no se debe bajar más del 2% de CO<sub>2</sub> para evitar la respiración anaerobia en el propio vegetal, así como la proliferación de microorganismos anaerobios (Zagory y Kader, 1989).

Los cambios en la cantidad de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> se compensan con el N<sub>2</sub> que no tiene ningún efecto. Se han reportado hasta 7 semanas como período de almacenamiento en frutos de tomate usando una combinación de 4% O<sub>2</sub>, 2% CO<sub>2</sub> y 5% CO.

## 2.7 GENERALIDADES DE LOS POLÍMEROS

Un polímero es una macromolécula natural o sintética formada por la unión de moléculas iguales denominadas monómeros que tienen grupos funcionales que permiten su combinación bajo condiciones adecuadas.

Clasificación de los polímeros según su origen:

-Polímeros Naturales: Son los que se pueden presentar en la naturaleza (reino vegetal y animal), por ejemplo: la celulosa, el caucho natural, las resinas, proteínas, polisacáridos, lípidos etc.

-Polímeros Semisintéticos: Son los obtenidos por transformación química de los polímeros naturales, sin que se destruya de modo apreciable su naturaleza macromolecular. Ej. la seda artificial obtenida a partir de la celulosa.

-Polímeros Sintéticos: Son los que se obtienen por vía puramente sintética a partir de sustancias de bajo peso molecular. Ej. El Nylon, polietileno.

El empleo de biopolímeros (proteínas, polisacáridos, lípidos) en forma aislada o combinados con aditivos (agentes químicos, plastificantes) y polímeros sintéticos (polietileno) ha sido propuesto para generar empaques comestibles o biodegradables que reducirían la contaminación ambiental generado por residuos sólidos, así como reducir el uso de recursos no renovables y disminuir el desperdicio a través del reciclado biológico.

## 2.8 POLÍMEROS COMESTIBLES Y/O BIODEGRADABLES

Un embalaje en forma de película, revestimiento o capa protectora se califica como comestible cuando forma parte integrante del alimento y se consume como tal; deben poseer buenas propiedades sensoriales y ser soluble o dispersable en la boca, en el agua o en el aceite empleado en la preparación del alimento etc.

Los polímeros comestibles son aquellas elaboradas con sustancias poliméricas naturales, las cuales pueden ser ingeridas sin riesgo para el consumidor y que le aportan algunos nutrientes tales como: Polisacáridos (Almidón, Celulosa, Quitosina, carragennina,); Proteínas (leche, soya, colágeno, zeína, gluten de trigo); Lípidos (acetoglicéridos, ceras); Ceras (cera de candelilla, cera de abejas, cera de carnauba, cera de caña de azúcar, cera de salvado de arroz).

Los polímeros biodegradables también 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  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} +$  sales minerales). La despolimerización incluye tres elementos claves: Microorganismos apropiados, Medio ambiente favorable, Un sustrato de polímero vulnerable, un ambiente cálido y húmedo, con rango aceptable de pH, nutrientes y oxígeno, para la aplicación de microorganismos, lo cual conduce a un proceso eficiente de biodegradación.

## **2.9 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 retirarse, 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 (Fantástico., 1984). Por ello, la aplicación de tratamientos de post-recolección ha prestado especial interés al empleo de recubrimientos aceitosos y ceras, en la conservación de frutas y verduras.

Para poder restaurar las cubiertas naturales del fruto se han hecho 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. Esta capa de cera aplicada artificialmente sirve para impedir condiciones anaeróbicas dentro del fruto, proporcionando además la protección necesaria contra los microorganismos que causan la pudrición (Fantástico., 1984).

Con frecuencia el grosor del recubrimiento de cera resulta crítico, ya que un recubrimiento demasiado delgado puede dar una protección insuficiente frente a la pérdida de humedad, mientras que una capa muy gruesa puede favorecer la descomposición. Por lo que se debe enfatizar que el encerado no mejora los frutos de calidad inferior; pero puede brindar un beneficio adicional al buen manejo y retardar el deterioro si se aplican en concentraciones adecuadas (Handerburg, 1988).

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 madurez fisiológica, además de preservar contra las infestaciones de insectos y crecimiento de microorganismos (Mellething y *et al.*, 1982).

El uso de películas plásticas y productos cerosos como recubrimiento en frutos de pimiento mantuvo por más tiempo la firmeza de los frutos, redujo tanto el DPE como la pérdida de peso, así como los SST fueron los más bajos, aunque no tuvo efecto sobre la disminución del pardeamiento de semilla. (Kehr M., E. 2002).

En un experimento con frutos de Papaya CV Maradol cubiertas con cera polietilénica al 10% hubo escasa tendencia a afectaciones por enfermedades, la firmeza de los frutos se mantuvo por más tiempo, se presentó un retraso de la maduración y presentaron valores bajos de SST en comparación con otros métodos (Cáceres, I; Mulkay., 2002).

En frutos de tunas enceradas con parafina de 1mm de grosor se aceleró la descomposición por las condiciones anaeróbicas que favorecieron el desarrollo de levaduras y hongos; pero sí se observó una reducción de la pérdida de peso así como una disminución con el paso del tiempo de los °Brix, debido a la descomposición de los azúcares y formación de ácidos (González G., R *et al.*, 2001).

Por el contrario Ragone L. M. (1999) establece que el encerado, además de disminuir la pérdida de peso por transpiración, redujo la incidencia de las alteraciones patológicas en mandarina nova.



Los frutos de pepino tratados con cera disminuyeron notablemente el porcentaje de pérdida de peso, así como la actividad respiratoria en comparación con los frutos sin encerar (Muy Rancel *et al.*, 2003).

La aplicación de una capa cerosa “Prolong” a 1.5% p/c en frutos de Piña, se observaron valores significativamente menores de pérdida de peso en los frutos almacenados a 10 °C. alargando la vida de almacenamiento por lo menos dos semanas más (Pérez C., M. *et al.*, 1997).

La práctica comercial del encerado en cítricos reduce la transpiración, y limita el O<sub>2</sub> aumentando CO<sub>2</sub>, pero algunas veces producen olores y sabores desagradables, por lo que las respectivas concentraciones de estos gases son marcadamente afectados por el grosor de la capa de cera (Ben-Yehoshua., 1985, Cáceres, I; Mulkay et al., 2002).

En otro experimento realizado con limones y chile bajo una cubierta con película plástica individualmente, se observó que los frutos encerados mantienen la firmeza más tiempo que los no tratados, estando estos últimos significativamente más blandos (Ben – Yehoshua *et al.*, 1983).

En un experimento realizado con Manzanas Golden Delicious, los frutos encerados mantuvieron la firmeza por más tiempo, sin presentar cambios en la concentración de azúcares en los primeros días alcanzando un máximo de total de azúcares hasta los 14 días después de aquellos no encerados (Alvarado., 1995).

## **2.10 CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO COMERCIAL “BIOFRUIT”.**

Producto natural a base de cera de candelilla, cera de abeja, agua, emulsificantes y agentes humectantes, forma una película transparente y estable al aplicarse en frutas y hortalizas. Tiene una apariencia lechosa de color gris crema claro, tiene un olor a cera de abeja; 10.4% de contenidos sólidos, pH de 7.8, gravedad específica de 2.23 centipoises a 20°C, corrosividad igual a la del agua, no es flamable, no tóxico, estable bajo condiciones normales de temperatura.

Según datos de la FAO (1994), la Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) es una planta perenne que se desarrolla en los climas desérticos del norte de México siendo Coahuila el estado más importante en superficie y producción, ya que participa con el 80% de la producción nacional. Existen 630,500 ha susceptibles de aprovecharse, con lo cual se beneficiaría cerca de 16,000 familias, con la extracción de 15,000 ton de cera. Actualmente la producción se obtiene sólo de 152,520 ha, lo que corresponde al 24% de la superficie total.

México es el principal y único productor de cera de candelilla en el mundo. Su producción está sujeta a los niveles de demanda en el mercado internacional, por las variaciones que presentan los productos sustitutos, en especial las parafinas derivadas del petróleo. Las funciones de la cera de candelilla son contribuir a conservar la humedad interna, preservar la clorofila y proteger a la planta de las oxidaciones y la abrasión. La cera es de color amarillo ocre, no tóxico, duro, quebradiza y fácilmente pulverizable en trozos, insoluble en agua. Es compatible con todas las ceras vegetales y animales.

## 2.11 CARACTERÍSTICAS DEL POLÍMERO “AGROFILM AP”

Es una mezcla de resinas solubles en agua, formada por polímeros de óxido de etileno. Tiene una apariencia en forma de polvo blanco, y en forma de líquido blanco, un olor parecido a isopropanol, no tiene sabor, opaco, con una densidad de  $0.960 \text{ mg/cm}^3$ , un pH neutro, una viscosidad de 3.21 ml/seg. El peso molecular es 100 000 a 4 millones. El punto de fusión cristalina (Rayos X y KMR) es de  $62 - 67^\circ \text{ C}$ . La temperatura de fusión de chorro es mayor de  $98^\circ \text{ C}$ .

La densidad de la masa del polvo es de 20-28 lb/Pie<sup>3</sup>. La mezcla de resinas solubles en agua está formada por polímeros unidos al agua mediante puentes de hidrógeno. La densidad de la resina soluble es de  $1.15 - 1.26 \text{ g/cm}^3$ , el calor de fusión es igual a 33 cal/g., el tamaño de la partícula en % de peso de polvo medido a través de malla No. 10 y No. 20 (Estándar de los Estados Unidos) son 100 y 96 respectivamente.

Los fuertes enlaces de hidrógeno de las resinas se explican por la asociación de los poliésteres con varios compuestos polares, tales como ácido fenólico, ácidos minerales, halógenos, ureas, ácidos lignino sulfúricos y poliácidos carboxílicos. Como resultado de la fuerte asociación intermolecular se obtienen varios complejos nuevos que frecuentemente exhiben propiedades muy diferentes a ambos componentes.

El polientilenglicol es un derivado de los glicoles (alcoholes polivalentes) que la industria obtiene por condensación. Existe una gama variada, según su peso molecular. Soluble en agua, su pH es prácticamente neutro, no es volátil, suavizante y lubricador; no potencia la acción microbiológica, y tiene un alto poder regulador de la humedad.

### **III MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA EXPERIMENTAL.**

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Postcosecha del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizado a una latitud Norte 25° 22' y una longitud oeste de 101° 00' minutos, con una altitud de 1742 msnm., en Saltillo, Coahuila, México, durante el periodo de otoño del año 2003.

#### **3.2 MATERIAL VEGETAL**

Se utilizaron frutos de Tomate Bola R-461 híbrido Israelita de hábito determinado con peso promedio de 178.5 gr. y 72.5 mm. de diámetro, clasificación "Extra", procedentes de lotes comerciales con calidad de exportación de la región de San Luis Potosí cosechado el 1 de septiembre de 2003. Los frutos fueron recolectados en estado verde maduro.

#### **3.3 PARÁMETROS DE CALIDAD EVALUADOS**

- 1) Pérdida de peso (%)
- 2) Tasa de respiración (CO<sub>2</sub>)
- 3) Brillo y Color (Relación L\* a\* b\*)
- 4) Firmeza (Kg)
- 5) Sólidos Solubles Totales (°Brix)
- 6) Daños (visual)

### 3.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

- Emulsión a base de candelilla de nombre comercial “Biofruit”
- Polímero biodegradable a base de polietileno glicol “Agrofilm AP”.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos aplicados a frutos de tomate

TRATAMIENTO	DOSIS	TIPO
T1	0%	Testigo
T2	100%	Biofruit
T3	15%	Agrofilm
T4	30%	Agrofilm
T5	45%	Agrofilm

Cuadro 2. Diseño de la evaluación de los frutos de tomate tratados con cubiertas orgánicas y almacenados bajo dos condiciones ambientales.

Experimento	Días a 8 °C (90% HR)	Días a temperatura ambiente	Total de días en almacén	Evaluación
Experimento 1	7	0	7 días	1 <sup>a</sup> 9/sep/2003
		4	11 días	2 <sup>a</sup> 13/sep/2003
		8	15 días	3 <sup>a</sup> 17/sep/2003
Experimento 2	13	0	13 días	1 <sup>a</sup> 15/sep/2003
		4	17 días	2 <sup>a</sup> 19/sep/2003
		8	21 días	3 <sup>a</sup> 23/sep/2003
Experimento 3	20	0	20 días	1 <sup>a</sup> 21/sep/2003
		4	24 días	2 <sup>a</sup> 25/sep/2003
		8	28 días	3 <sup>a</sup> 29/sep/2003

### **3.5 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

Los frutos se cosecharon y se seleccionaron eliminando aquellos con defectos de modo que se obtuvo una muestra con sanidad y madurez fisiológica homogénea.

Para la evaluación, se seleccionaron 225 frutos que se dividieron en cinco lotes de 45 unidades. A continuación se lavaron los frutos con el fin de eliminar la tierra o polvo superficial, para después dejarlos secar a temperatura ambiente; posteriormente se aplicaron los tratamientos respectivos por inmersión durante 30 segundos para después colocarlos en contenedores de plástico con medidas de 50 x 40 x 35 cm. para cada tratamiento. En seguida, se almacenaron a un cuarto frío que cuenta con un Termómetro Digital, Taylor, a una temperatura de 8° C con Humedad Relativa de 90%.

A los 7 días de almacenados (9 de Septiembre de 2003) se efectuaron muestreos en forma aleatoria de 15 frutos por tratamiento, se colocaron en charolas de 50x 40x 8cm. para después dejarlos a temperatura ambiente, de esta charola se evaluaron 5 frutos en tres ocasiones; se inició la 1ª evaluación en esta misma fecha, y así sucesivamente cada 5 días hasta terminar con el material vegetal, midiendo CO<sub>2</sub> en la 3ª evaluación. A los 13 días de almacén (15 de Septiembre de 2003) y a los 20 días (21 de Septiembre de 2003) se efectuó la misma operación citada en este párrafo.

La evaluación de pérdida de peso se efectuó a los 7 días después de almacenados (9 de septiembre de 2003), se tomaron 5 frutos del almacén por cada tratamiento y se colocaron a temperatura ambiente, se efectuaron las evaluaciones cada 4 días; esta misma fecha se llevó a cabo la 1ª evaluación hasta completar 6 evaluaciones.

**Para cada evaluación se llevó a cabo el siguiente procedimiento:**

1. Se tomaron 5 frutos por cada tratamiento y se enumeraron.
2. Se pesó cada uno de los frutos en una balanza digital OHAUS Scout, y se registraron los datos en gramos.
3. Con un Vernier Scienceware (Modelo D-2921), se midió el diámetro ecuatorial y el diámetro polar de cada fruto registrando los datos en mm.
4. Con un Colorímetro MINOLTA (Modelo CR-300), se obtuvieron los valores de brillo (L), color (relación a/b, donde a: verde a rojo y b: azul a amarillo) de cada fruto. Se tomaron dos muestras en la zona ecuatorial.
5. A continuación se determinó la firmeza como la resistencia en kg, que opone la pulpa del fruto a la presión de un Penetrómetro (Modelo FT011), con puntilla de 8 mm, se tomaron dos lecturas en el diámetro ecuatorial de cada fruto.
6. Por último se midieron los sólidos solubles totales (%SST) en °Brix con un refractómetro ATAGO (Modelo ATC-1E).

**En la determinación de la tasa de respiración se llevó acabo el siguiente procedimiento:**

Se utilizó un Analizador de CO<sub>2</sub> LI-COR (Modelo LI-60), los datos se registraron en  $\mu\text{mol/mol}$ . Se tomó un fruto por cada tratamiento y se registró el peso. Se reguló el cronómetro para tomar los datos cada 2 min., durante 20 min. para cada fruto. A continuación se colocó el fruto en un frasco de vidrio, cerrando herméticamente con la tapa de rosca, la cual tiene un orificio en donde se conecta y se sella perfectamente la manguera que conecta al Analizador de CO<sub>2</sub>.

### 3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Los resultados se discutieron con base a un análisis de varianza (ANVA) y comparación de medias por el método de Duncan, en el cual se utilizó el paquete computacional de MSTAT para las variables evaluadas de acuerdo con un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial, cuyos factores fueron: tratamiento, con 5 niveles ( $t_1 \dots t_5$ ); almacén, con 3 niveles (7, 13, 20 días a 8° C, 90% HR) y anaquel, con 3 niveles (0, 4 y 8 días). Se realizaron 5 repeticiones por evaluación.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (A \times B)_{ij} + (A \times C)_{ik} + (B \times C)_{jk} + (A \times B \times C)_{ijk} + \epsilon_{ijk}$$

$$i = 1, \dots, 5 \text{ tratamiento}$$

$$j = 1, \dots, 3 \text{ evaluación en almacén}$$

$$k = 1, \dots, 3 \text{ evaluación en anaquel}$$

**Donde:**

$Y_{ijk}$  = Variable aleatoria observable obtenida con el  $i$ -ésimo tratamiento,  $j$  -ésima evaluación en almacén,  $k$  -ésima evaluación en anaquel.

$\mu$  = Promedio de la población

$A_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$B_j$  = Efecto observado en la  $j$ -ésima evaluación en almacén

$C_k$  = Efecto observado en la  $k$  -ésima evaluación en anaquel

$(A \times B)_{ij}$  = Efecto de la  $ij$ -ésima interacción

$(A \times C)_{ik}$  = Efecto de la  $ik$ -ésima interacción

$(B \times C)_{jk}$  = Efecto de la  $jk$ -ésima interacción

$(A \times B \times C)_{ijk}$  = Efecto de la  $ijk$ -ésima interacción

$\epsilon_{ijk}$  = Componente aleatorio no observable (error experimental)



## IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 3. Se presentan los resultados de los análisis de varianza para los parámetros estudiados.

Cuadro 3. Significación de las fuentes de variación del ANVA para los parámetros estudiados en frutos de tomate.

FV	Color	Brillo	Firmeza	SST
	a	b		
Tratamiento (A)	**	**	**	**
Almacén (frío) (B)	**	**	**	**
Anaquel Temp. Amb. (C)	**	**	**	**
AxB	**		**	**
AxC	*		*	
BxC		**	**	
AxBxC			*	
CV (%)	154.6	17.77	5.7	21.96

\*significativo y \*\*altamente significativo al 0.05% de probabilidad; CV = Coeficiente de variación, SST = Sólidos soluble totales, FV = Fuentes de Variación

### 4.1 PESO

El ANVA registró diferencia significativa entre tratamientos en frutos almacenados a temperatura ambiente con el transcurso del tiempo.

En la figura 1. Los frutos de tomate expuestos a temperatura ambiente experimentaron pérdidas de peso a medida que aumentó el tiempo de almacenamiento y fecha de muestreo. Se observó que los frutos tratados con el polímero 15% y Cera Biofruit pierden solamente del 5% a 5.5% a los 20 días de almacenados sin mostrar diferencia significativa con el testigo. En cambio, los frutos con polímero 45% y 30% resultaron con mayor pérdida de peso (6.3 y 8 %), equivalente a 14.gr. y 15.3 gr. respectivamente. Los frutos (con o sin tratamientos) bajo condiciones de refrigeración y

con alta humedad relativa nunca alcanzaron estos valores, sin embargo al exponerlos a temperatura ambiente presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Estos valores negativos de pérdida de peso estuvieron asociados con incrementos en los sólidos solubles totales y una pérdida de turgencia en la fruta.

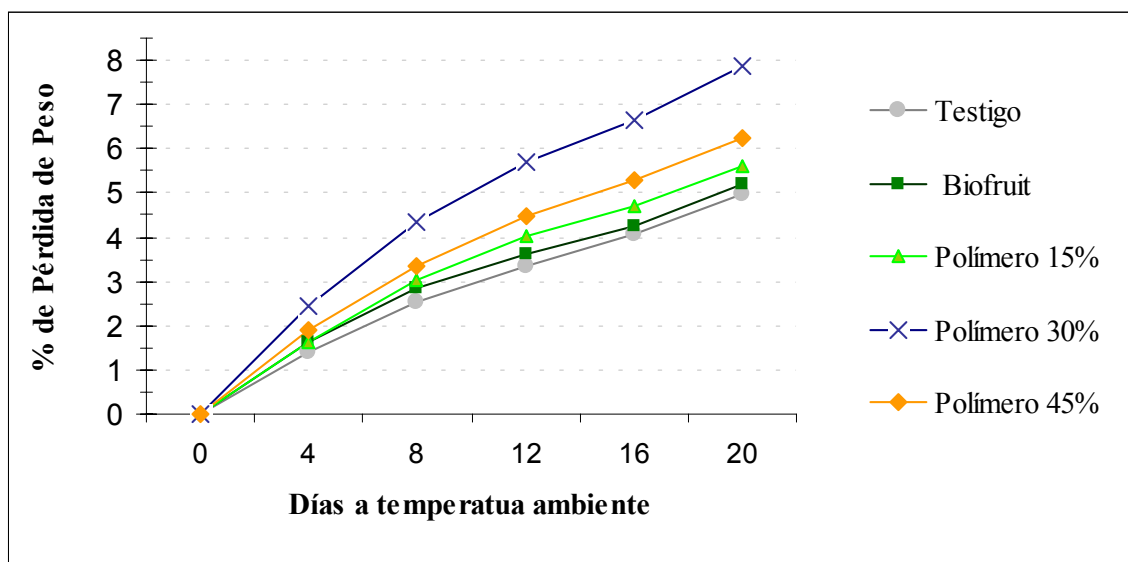


Figura 1. Porcentaje de pérdida de peso en frutos de tomate almacenados a 20° C durante 20 días en respuesta a los tratamientos estudiados.

Las cubiertas orgánicas no mostraron ventajas con respecto al testigo; sin embargo se observó que la pérdida de peso está en función de la concentración del polímero ya que a menor concentración, menor es la pérdida de peso; y viceversa a mayor concentración, mayor es la pérdida de peso. Estos resultados concuerdan con Handerburg, (1988); Cáceres y Mulkay, (2002) “un recubrimiento demasiado delgado puede dar una protección insuficiente frente a la pérdida de humedad, mientras que una capa muy gruesa puede favorecer la descomposición”. Por lo que se debe enfatizar que las cubiertas orgánicas no mejoran los frutos de calidad inferior; pero puede brindar un beneficio adicional al buen manejo y retardar el deterioro en concentraciones adecuadas.

## 4.2 RESPIRACIÓN

La tasa de respiración registró diferencias entre tratamientos con paso del tiempo, en las dos condiciones ambientales.

A los 15 días de almacenados (7 días en refrigeración + 8 días a temperatura ambiente) los frutos tratados con Cera Biofruit presentaron una tasa de respiración mayor (35 ml CO<sub>2</sub> / kg.hr), los frutos tratados con el polímero 15% registraron menor tasa de respiración (29 ml CO<sub>2</sub> / kg.hr), mientras que a los 21 días (13 días en refrigeración + 8 días a temperatura ambiente) los frutos tratados con Cera Biofruit, polímero 15% y el testigo aumentaron a 40, 35, 33 ml CO<sub>2</sub> / kg.hr respectivamente, siendo los frutos con polímero 30 y 45% los de menor tasa de respiración (18 ml CO<sub>2</sub> / kg.hr). (Figura 2). En las dos evaluaciones se seleccionaron frutos en estado rojo intenso debido a ello presentaron respiración súbita.

A los 28 días (20 días a 8 ° C + 8 días a temperatura ambiente) no hubo diferencia significativa entre los frutos evaluados (18-22 ml CO<sub>2</sub> / kg.hr) por el efecto de la baja temperatura permanecieron en estado rosado, excepto los tratados con el polímero 45%, ya que cambiaron al estado rojo intenso. Según la literatura, en el estado pre-climatérico, la tasa respiratoria se encuentra a un mínimo, elevándose súbitamente durante la fase final de la maduración (Figura 2).

En frutos evaluados a los 28 días de exposición a temperatura ambiente, se observó que los tratados con el polímero 45% registraron una tasa de respiración alta (32.2 ml CO<sub>2</sub> / kg.hr); mientras que los tratados con la Cera Biofruit, Polímero 30 y 15%

registraron entre 20 y 25 ml CO<sub>2</sub>/ kg.hr. Los frutos sin tratamiento registraron una tasa de respiración más lenta (Figura 3).

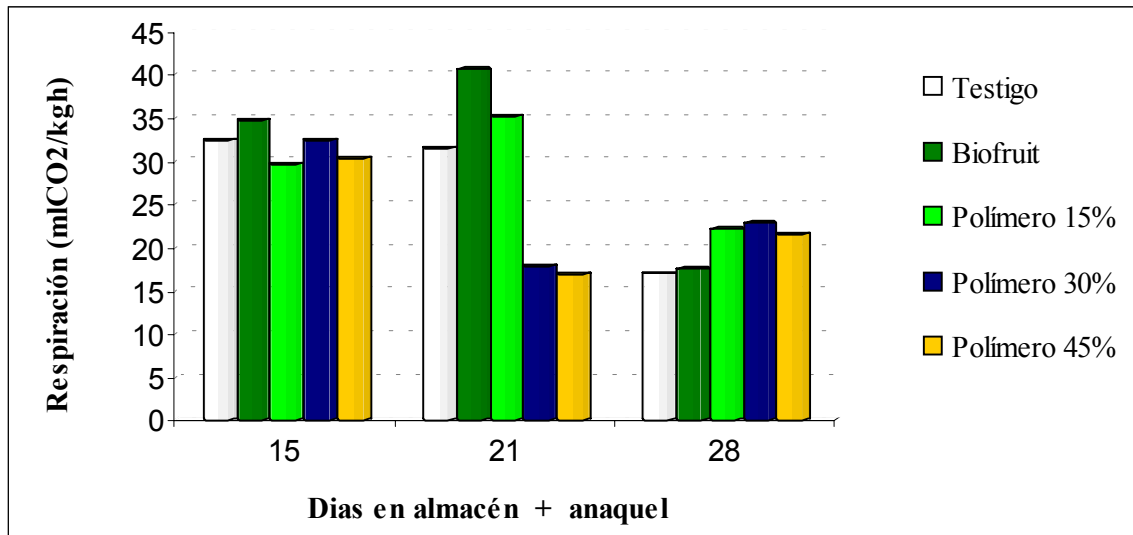


Figura 2. Actividad respiratoria en frutos de tomate tratados con cubiertas orgánicas, almacenados bajo dos condiciones ambientales.

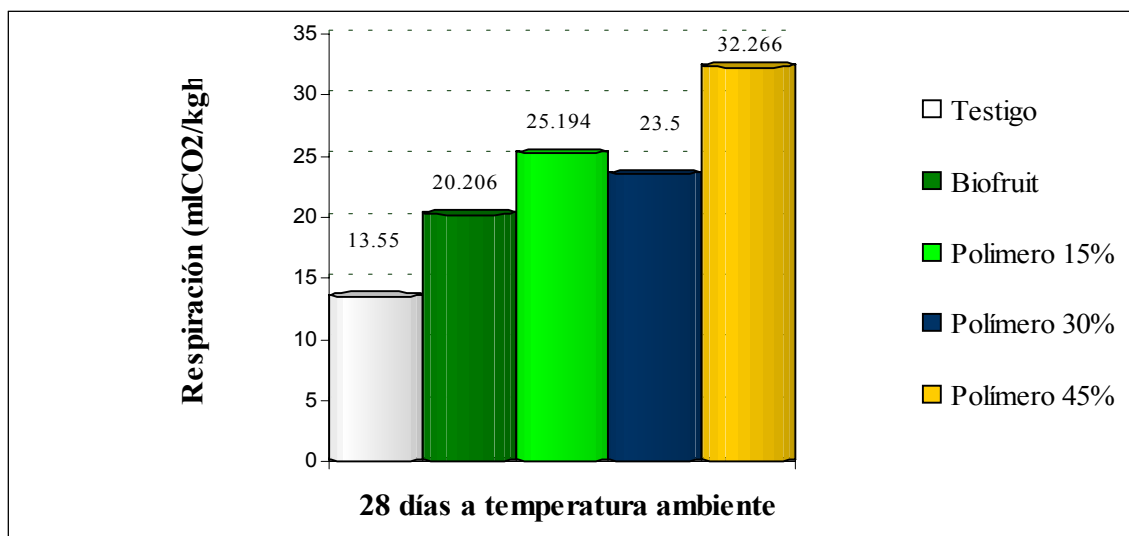


Figura 3. Actividad respiratoria en frutos de tomate tratados con cubiertas orgánicas, expuestos a temperatura ambiente

### 4.3 COLOR

El ANVA detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos, durante almacenamiento en frío y a temperatura ambiente para esta variable (Cuadro 3). Los resultados obtenidos de color y brillo ( $L^*$   $a^*$   $b^*$ ) fueron promediados para obtener las coordenadas a través del diagrama de cromaticidad (Figura 4) y poder registrar el estado de madurez del fruto por medio de un cuadro de colores.

**Experimento 1.** (Cuadro 4). A la salida de la cámara de refrigeración (7 días de almacenados), los frutos cambiaron de verde maduro a pintón, sin diferencia entre los frutos (con y sin tratamiento) manteniendo este estado a los 4 días a temperatura ambiente. Sin embargo a los 8 días de almacenados, los frutos tratados con el polímero 15% cambiaron a color rosado; mientras que el resto de los frutos (con y sin tratamiento) cambiaron a rojo firme.

**Experimento 2.** (Cuadro 4). A la salida de la cámara de refrigeración (13 días de almacenados) los frutos no presentaron diferencia de color entre tratamientos manteniendo una coloración pintón. Sin embargo, a los 8 días a temperatura ambiente los frutos tratados con el polímero 15% solamente cambiaron a color rosado, mientras que el resto los frutos (con / sin tratamientos) cambiaron a rojo intenso.

**Experimento 3.** (Cuadro 4). A la salida de la cámara de refrigeración (a los 20 días de almacenados), los frutos tratados con el polímero 15% presentaron un estado pintón, mientras que el resto de los frutos (con / sin tratamiento) presentaron coloración rosado. A los 8 días de almacenados a temperatura ambiente, los frutos tratados con el

polímero 45% y el testigo presentaron una coloración rojo firme; en cambio, los frutos tratados con polímero 15% cambiaron a rosado seguido de los frutos tratados con cera Biofruit y el polímero 30% que se mostraron más intensos.

En frutos tratados con cera de Biofruit y el polímero 15%, expuestos a temperatura ambiente durante 20 días, se observó una coloración rojo firme; mientras que el resto presentó una coloración rojo intenso.

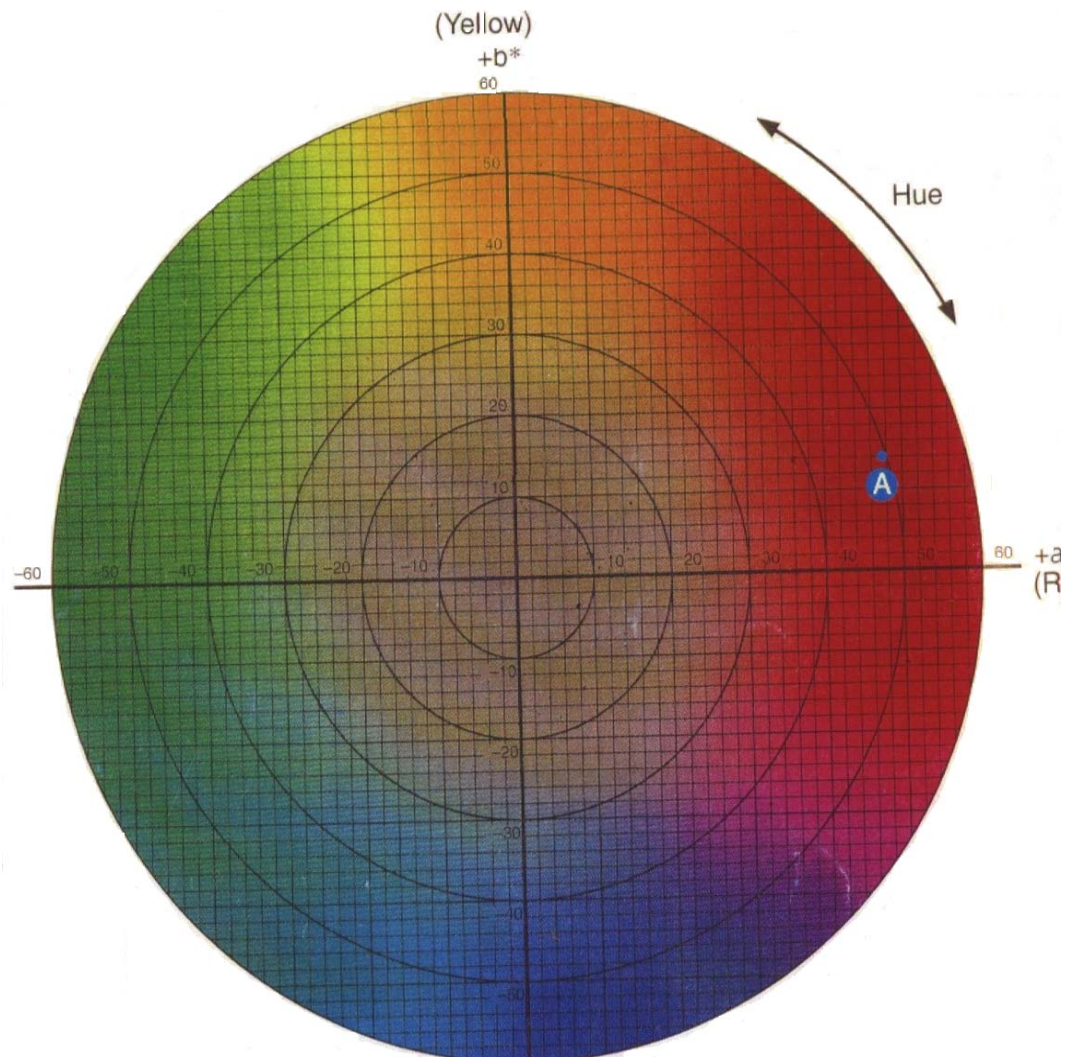


Figura 4. Diagrama de cromaticidad (L\* a\* b\*).

Cuadro 4. Evolución del color externo de los frutos de tomate tratados con cubiertas orgánicas, expuestos en dos condiciones de almacenamiento.

		Experimento 1			Experimento 2			Experimento 3		
<i>Refrigeración</i>		<i>7 días a 8 °C</i>			<i>13 días a 8 °C</i>			<i>20 días a 8 °C</i>		
<i>Inicio</i>		<i>(+) días a Temp. A.</i>			<i>(+) días a Temp. A.</i>			<i>(+) días a Temp. A.</i>		
		0	4	8	0	4	8	0	4	8
Testigo	(A)									
Biofruit	(B)									
Polímero 15%	(C)									
Polímero 30%	(D)									
Polímero 45%	(E)									

La intensidad de color de los frutos de tomate en el proceso de maduración presentó un aumento continuo al incrementar el tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente; dichos cambios fueron menores a bajas temperaturas. La aplicación del polímero 15% presentó ventajas favorables en comparación con el testigo y demás tratamientos retardando la maduración. Sin embargo, el polímero a una concentración de 45% aceleró el proceso de maduración.

Estos resultados concuerdan con Mellething (1982); González A.(2000); Kehr M., (2002) en donde establecen que “la aplicación de barreras físicas a concentraciones adecuadas 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 madurez fisiológica”.

#### 4.4 BRILLO

Para la variable brillo, el ANVA mostró significancia al 0.05% para todas las fuentes estudiadas (cuadro 3). A continuación se discuten los resultados obtenidos en la comparación de medias (Cuadro 5, Figura 5).

**Experimento 1.** A los 7 días de almacenados, los frutos tratados con el polímero 15% registraron mayor brillo ( $L= 54$ ) sin presentar diferencias con el resto de los tratamientos y el testigo ( $L= 53$ ). El polímero 15% y el polímero 45% mantuvieron el brillo hasta los 15 días, mientras que en el resto de los tratamientos disminuyó significativamente.

**Experimento 2.** A los 13 días de almacenados, los frutos tratados con el polímero 45% presentaron mayor brillo (57.0), seguido de los tratados con el polímero 15% y el testigo ( $L= 54$ ). A los 17 días de almacenados los frutos tratados con el polímero 15% presentaron mayor brillo seguido de los testigos (53.7 y 55) manteniendo estos valores hasta la tercera evaluación; resultaron de menor brillo los frutos con polímero 30% y Cera Biofruit en las tres evaluaciones.

**Experimento 3** A los 20 días de almacenados, los frutos tratados con cera Biofruit presentaron mayor brillo (61.4) seguido de los frutos sin tratamiento (59). En cambio, a los 25 y a los 29 días de almacenados, los frutos con el polímero 15% registraron el brillo más alto (60.3 y 57.6), mientras que los tratados con el polímero 30%, testigos, cera Biofruit, y los tratados con el polímero 45% registraron valores bajos (54.4, 52.5, 52.6 y 51.8 respectivamente).



Cuadro 5. Comparación de medias de la variable brillo en frutos de tomate.

### Experimento 1

	<i>7 días en almacén</i>	<i>11 días en almacén</i>	<i>15 días en almacén</i>
<b>Tratamiento</b>	7 días a 8 °C HR 90%	7 días a 8 °C HR 90% + 4 días a Temp. A	7 días a 8 °C HR 90% +8 días a Temp. A
Testigo	53.26 bcd	49.00 d	45.312 b
Cera Biofruit	53.45 b	50.00 c	43.76 d
Polímero 15%	54.11 a	52.50 a	51.72 a
Polímero 30%	53.34 bc	51.00 b	45.01 bc
Polímero 45%	53.13 bcde	52.45 ab	51.366 ab

### Experimento 2

	<i>13 días en almacén</i>	<i>17 días en almacén</i>	<i>21 días en almacén</i>
<b>Tratamiento</b>	13 días a 8 °C HR 90%	13 días a 8 °C HR 90% + 4 días a Temp. A	13 días a 8 °C HR 90% +8 días a Temp. A
Testigo	54.352 b	55.885 a	52.083 b
Cera Biofruit	50.882 e	49.79 d	49.00 d
Polímero 15%	54.00 c	53.725 b	53.453 a
Polímero 30%	53.616 d	47.853 e	46.066 b
Polímero 45%	56.99 a	51.162 c	50.740 c

### Experimento 3

	<i>20 días en almacén</i>	<i>24 días en almacén</i>	<i>28 días en almacén</i>
<b>Tratamiento</b>	20 días a 8 °C HR 90%	20 días a 8 °C HR 90% + 4 días a Temp. A	20 días a 8 °C HR 90% +8 días a Temp. A
Testigo	59.266 b	58.843 b	52.677 cd
Cera Biofruit	61.424 a	55.978 c	52.555 cde
Polímero 15%	54.542 e	60.355 a	57.671 a
Polímero 30%	58.318 c	55.047 cd	54.499 b
Polímero 45%	56.022 d	55.292 cde	51.872 def

Medias de cada grupo con diferente letra difieren significativamente ( $P \leq .05$ ) de acuerdo a la prueba de Rango Múltiple de Duncan. HR = Humedad relativa

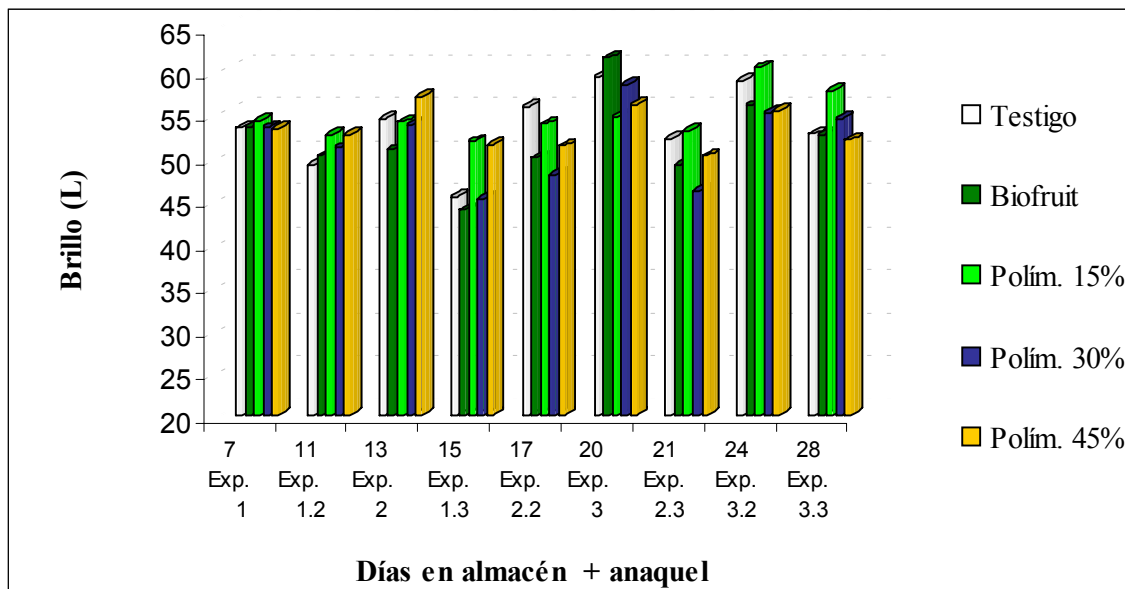


Figura 4. Evolución del brillo de frutos de tomate tratados con cubiertas orgánicas, expuestos a dos temperaturas de almacenamiento, Experimento 1 2 y 3.

El brillo de los frutos disminuyó ligeramente con el tiempo de almacenamiento, sin embargo, en condiciones de refrigeración esta variable se mantuvo, observándose una disminución más definida durante el almacenaje a temperatura ambiente con diferencias significativas entre tratamientos.

Para este variable brillo, la aplicación del polímero 15% resultó más efectiva que el resto de los tratamientos en casi todas las evaluaciones principalmente en la 2ª evaluación del experimento 3, mientras que la Cera Biofruit, solo resaltó en la 1ª evaluación del experimento 3. Pantástico, 1984, establece que para poder restaurar las cubiertas naturales del fruto y proporcionarle brillo es necesario la aplicación de cubiertas de origen natural. Esta capa de cera aplicada artificialmente sirve para impedir condiciones anaeróbicas dentro del fruto, proporcionando además la protección necesaria contra los microorganismos que causan la pudrición.

## 4.5 FIRMEZA

El ANVA detectó alta significancia al 0.05% de probabilidad para los frutos almacenados en refrigeración, a temperatura ambiente, así como entre tratamientos con un coeficiente de variación de 21.9%. (Cuadro 3)

**Experimento 1.** (Cuadro 6, Figura 6). En las tres evaluaciones de este experimento, los valores de firmeza más aceptables se lograron con la aplicación del polímero 15% y 45% ya que se mantuvieron firmes con el transcurso del tiempo; mientras que el resto de los frutos registraron una disminución del 60% de la firmeza registrada en la salida de la cámara de refrigeración, lo cual no es recomendable para el manejo de frutos frescos debido a su alta susceptibilidad a pudriciones y a una maduración muy avanzada.

**Experimento 2.** (Cuadro 6, Figura 6) En las tres evaluaciones, los frutos tratados con el polímero 45% y 15% presentaron mayor firmeza sin observarse diferencias con el testigo en la 3ª evaluación; mientras que los frutos tratados con cera de Biofruit y el polímero 30 % registraron menor firmeza en la 1ª y 2ª evaluación.

**Experimento 3.** (Cuadro 6, Figura 6) En la 1ª evaluación los frutos tratados con el polímero 15% registraron mayor firmeza que el resto de los tratamientos; mientras que en la 2ª y 3ª evaluación los tratados con el polímero 30% junto con el polímero 15% resultaron de mayor firmeza. Los frutos tratados con Cera Biofruit, polímero 45% y el testigo presentaron menor firmeza causando el ablandamiento de los frutos, el cual estuvo asociado con una maduración más avanzada.

Cuadro 6. Comparación de medias de la variable firmeza en frutos de tomate (kg).

**Experimento 1**

	<i>7 días en almacén</i>	<i>11 días en almacén</i>	<i>15 días en almacén</i>
<b>Tratamiento</b>	7 días a 8 °C HR 90%	7 días a 8 °C HR 90% + 4 días a 20°C a Temp. A	7 días a 8 °C HR 90% +8 días a 20°C a T.A
Testigo	3.3 b	2.3 b	1.6 c
Cera Biofruit	3.1 bc	2.1 c	1.5 cd
Polímero 15%	3.3 b	2.8 a	2.8 a
Polímero 30%	2.6 cd	2.3 b	1.4 cde
Polímero 45%	3.5 a	2.8 a	2.7 b

**Experimento 2**

	<i>13 días en almacén</i>	<i>17 días en almacén</i>	<i>21 días en almacén</i>
<b>Tratamiento</b>	13 días a 8 °C HR 90%	13 días a 8 °C HR 90% + 4 días a Temp. A	13 días a 8 °C HR 90% +8 días a Temp. A.
Testigo	3.9 a	3.3 b	2.6 a
Cera Biofruit	3.6 bc	3.1 d	2.5 a
Polímero 15%	3.7 ab c	3.1 d	2.5 a
Polímero 30%	3.1 bcd	3.2 c	2.4 ab
Polímero 45%	3.8 ab	3.4 a	2.3 abc

**Experimento 3**

	<i>20 días en almacén</i>	<i>24 días en almacén</i>	<i>28 días en almacén</i>
<b>Tratamiento</b>	20 días a 8 °C HR 90%	20 días a 8 °C HR 90% + 4 días a Temp. A	20 días a 8 °C HR 90% +8 días a Temp. A
Testigo	4.2 bcd	3.4 bc	3.2 bc
Cera Biofruit	4.5 b	3.5 b	2.6 cd
Polímero 15%	5.7 a	4.0 a	3.5 a
Polímero 30%	4.4 bc	4.2 a	3.6 a
Polímero 45%	3.7 bcde	3.5 b	2.3 cde

Medias de cada grupo con diferente letra difieren significativamente ( $P \leq .05$ ) de acuerdo a la prueba de Rango Múltiple de Duncan. TA= Temperatura ambiente, HR = Humedad relativa

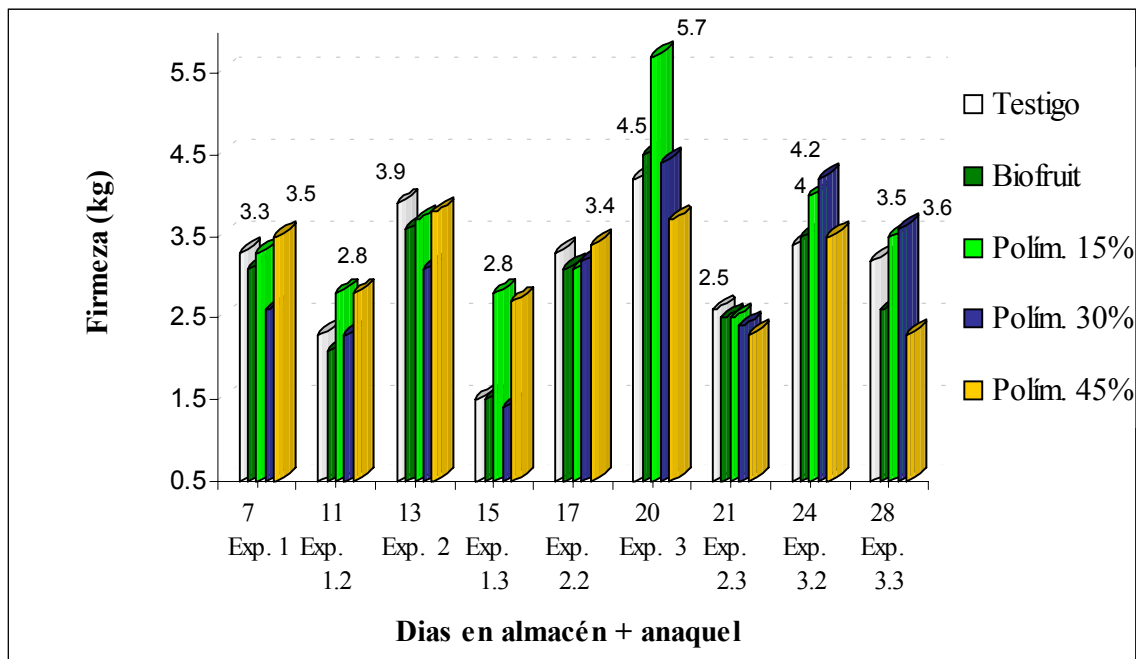


Figura 5. Evolución de la firmeza en tomates tratados con cubiertas orgánicas, expuestos a dos temperaturas de almacenamiento, Experimento 1, 2 y 3.

La firmeza del fruto disminuyó conforme evolucionó el grado de madurez, se presentó menores cambios en frutos evaluados a la salida de la cámara de refrigeración (1ª evaluación de cada experimento). Por el contrario, aumentó la pérdida de firmeza al traspasarlos a temperatura ambiente.

El polímero 15% presentó un promedio de firmeza mayor en los tres experimentos aún cuando en las primeras evaluaciones del experimento 1 y 2 el polímero 45% presentó mayor firmeza en los frutos, y en las últimas evaluaciones el polímero 30% fue el que sobresalió. De acuerdo con Kehr M., (2002), Cáceres, y Mulkey., (2002), concluyeron que el uso de películas plásticas y productos cerosas como recubrimiento en frutos de pimiento y papaya Maradol mantuvieron por más tiempo la firmeza de los frutos.

#### 4.6 SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES

Con respecto a la concentración de SST, el ANVA registró alta significancia al 0.05% para almacén y tratamiento x almacén (Cuadro 3). Sin embargo no se registró diferencias significativas entre tratamientos, pero se observaron pendientes diferentes a través del tiempo (Cuadro 7, Figura 7).

**Experimento 1.** En las tres evaluaciones los frutos tratados con el polímero 15% registraron los SST más bajos; mientras que el resto de los frutos con y sin tratamiento registraron un aumento en los °Brix, debido a la maduración de los frutos ya que pasaron del estado pintón a rosado, mientras que los frutos tratados con el polímero 15% se mantuvieron en estado pintón.

**Experimento 2.** A la salida de la cámara de refrigeración (1ª evaluación) los frutos tratados con el polímero 30% y 45%, registraron los SST más altos que el resto de los frutos. El polímero 15% y los frutos sin tratar, registraron valores más bajos (4.7 y 4.6) manteniendo estos valores hasta los 21 días, esto se debió a que estos frutos se mantuvieron en estado de madurez rosado, mientras que el resto de los frutos cambiaron a rojo firme, provocando un aumento en la concentración de azúcares.

**Experimento 3.** A la salida de la cámara de refrigeración (1ª evaluación) los frutos tratados con el polímero 15% y el testigo registraron alta concentración de los SST (5.4 y 5.04) que el resto de los frutos evaluados. Sin embargo, en la 2ª y 3ª evaluación registraron los SST más bajos presentando una coloración rosado, mientras que los frutos con polímero 45% y el resto mostraron una coloración rojo más intenso.

Cuadro 7. Comparación de medias para la variable SST (°Brix) en frutos de tomate.

### Experimento 1

	<i>7 días en almacén</i>	<i>11 días en almacén</i>	<i>15 días en almacén</i>
<b>Tratamiento</b>	7 días a 8 °C HR 90%	7 días a 8 °C HR 90% + 4 días a TA	7 días a 8 °C HR 90% + 8 días a TA
Testigo	4.6 cd	5.47 a	4.96 b
Cera Biofruit	4.9 b	4.92 bc	5.04 a
Polímero 15%	4.86 c	4.62 cde	4.62 bcd
Polímero 30%	5.06 a	5.08 ab	4.54 bcde
Polímero 45%	4.6 cd	4.7 bcd	4.74 bc

### Experimento 2

	<i>13 días en almacén</i>	<i>17 días en almacén</i>	<i>21 días en almacén</i>
<b>Tratamiento</b>	13 días a 8 °C HR 90%	13 días a 8 °C HR 90% + 4 días a TA	13 días a 8 °C HR 90% +8 días a TA
Testigo	4.48 cd	4.6 cde	4.74 bcd
Cera Biofruit	4.46 cde	5.02 abc	4.84 a
Polímero 15%	4.56 bc	4.78 cd	4.78 bc
Polímero 30%	4.9 a	5.04 ab	4.34 def
Polímero 45%	4.6 b	5.16 a	4.68 dec

### Experimento 3.

	<i>20 días en almacén</i>	<i>24 días en almacén</i>	<i>28 días en almacén</i>
<b>Tratamiento</b>	20 días a 8 °C HR 90%	20 días a 8 °C HR 90% + 4 días a TA	20 días a 8 °C HR 90% +8 días a TA
Testigo	5.04 ab	5.0 bcde	4.88 bcd
Cera Biofruit	4.66 cde	5.06 bcd	5.06 a
Polímero 15%	5.21 a	4.94 cde	4.8 cde
Polímero 30%	4.96 bc	5.28 ab	4.98 b
Polímero 45%	4.8 bcd	5.58 a	4.92 bc

Medias de cada grupo con diferente letra difieren significativamente ( $P \leq .05$ ) de acuerdo a la prueba de Rango Múltiple de Duncan. TA= Temperatura ambiente, HR = Humedad relativa.

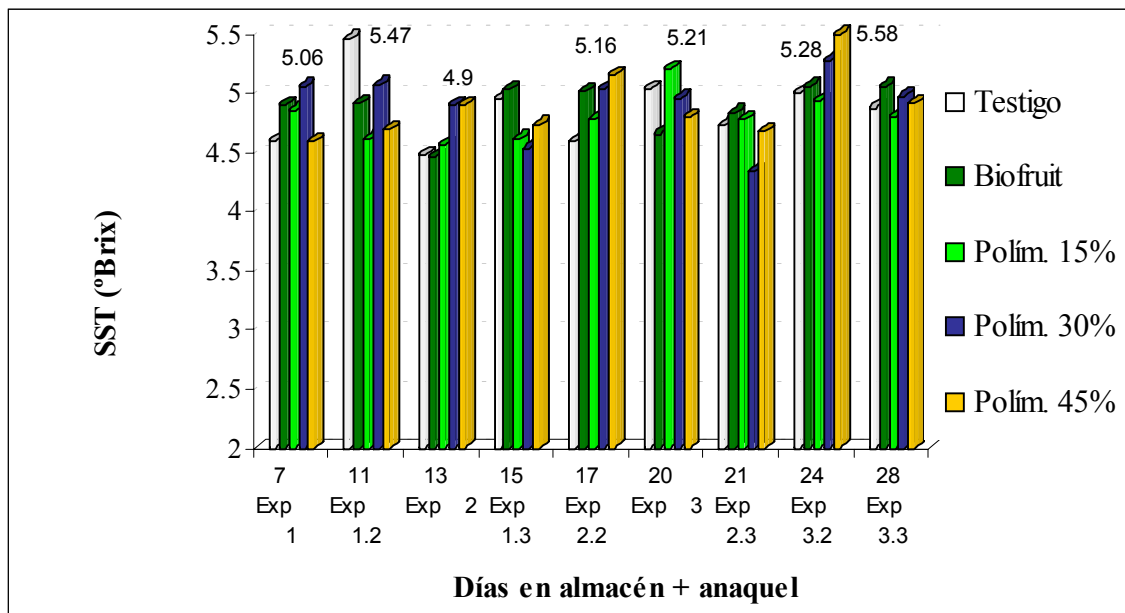


Figura 6. Concentración de azúcares (°Brix) en tomates tratados con cubiertas orgánicas, expuestos a dos temperaturas de almacenamiento, Experimento 1, 2 y 3.

El contenido de azúcares evaluados por el contenido de SST (°Brix) se incrementó ligeramente en la 2ª evaluación de los tres experimentos con diferencias significativas entre tratamientos; pero, disminuyó en las últimas evaluaciones a temperatura ambiente. En cambio, bajo condiciones de refrigeración, esta variable tendió a mantenerse alta e incluso a aumentar en algunos tratamientos.

Para esta variable el polímero 15% fue el tratamiento que presentó los valores más bajos de °Brix, este resultado es positivo en la conservación del tomate ya que significa que los azúcares apenas estaban en el proceso de síntesis, este resultado se confirma en el cuadro de colores en donde se observa que los frutos con polímero 15% retardaron la maduración. Esta afirmación concuerdan con Kehr M., E. (2002), “Con la aplicación de cubiertas a frutos de Pimiento, los SST fueron los más bajos. Lo mismo afirman Cáceres, I; Mulkay., (2002) en un experimento con frutos de Papaya Maradol.













#### 4.7 DAÑOS PRESENTADOS EN LOS FRUTOS DE TOMATE

En el experimento 1 y 2, no se presentaron daños de ningún tipo en los frutos (con o sin tratamientos). En cambio, en el experimento 3, a los 24 y a los 29 días en almacén: los frutos sin tratamiento, Cera Biofruit y los frutos tratados con el polímero 30% presentaron pudrición negra en el 60% de los frutos (3 de 5 frutos evaluados) con diámetro de 0.5 -1.5 cm. posiblemente causado por *Alternaria tenuis*. En los frutos tratados con el polímero 15% se observó moho blanco con diámetro de 0.2 cm a los 24 días en un fruto solamente, mientras que los frutos tratados con el polímero 45% no presentaron ningún tipo de daños (Cuadro 8).

Los frutos sin tratamiento y almacenados a temperatura ambiente presentaron podredumbre gris a los 20 días de almacenados: se observó una pudrición de 2.5 cm. de diámetro en el 20% de los frutos, esto es causado probablemente por una bacteria llamada *Botrytis cinerea* que se desarrolla a estas temperaturas y con esta sintomatología. En cambio los frutos tratados con el producto Biofruit y el polímero Agrofilm AP no se observó ningún daño en ninguno de los tratamientos en condiciones antes citadas.

Estos resultados concuerdan con Mellething, (1982); González A.,(2000); Kehr M., (2002), Ragoné, (1999) mencionan que la aplicación de barreras físicas con recubrimientos en la superficie de los frutos preservan contra las infestaciones de insectos y crecimiento de microorganismos. En un experimento en Papaya cubiertas con cera polietilénica hubo escasa tendencia a afectaciones por enfermedades (Cáceres y Mulkay, 2002).

Cuadro 8. Porcentaje de daños presentados en frutos tratados con cubiertas orgánicas, expuestos en dos condiciones de almacenamiento, Experimento 3.

2ª Evaluación del Exp. 3 (24 días en almacén)		% Daño
<b>Testigo</b>		60
<b>Biofruit</b>		60
<b>Polimero 15%</b>		20
<b>Polimero 35%</b>		60
<b>Polimero 45%</b>		0
2ª Evaluación del Exp. 3 (28 días en almacén)		
<b>Testigo</b>		60
<b>Biofruit</b>		20
<b>Polimero 15%</b>		0
<b>Polimero 35%</b>		60
<b>Polimero 45%</b>		0

Nota: Estos frutos solamente son modelos para mostrar las características de los daños presentados en cada tratamiento. El estado de madurez verdadero que presentaron se muestra en el cuadro 4.

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del polímero Agrofilm AP a diferentes concentraciones sobre parámetros de calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), bajo condiciones de almacenamiento. El experimento se realizó en septiembre de 2003 en el laboratorio de postcosecha de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se utilizaron frutos de Tomate Bola R-461 híbrido Israelita con peso promedio de 178 gr., procedentes de lotes comerciales de la región de San Luis Potosí. Se evaluaron: pérdida de peso, respiración, color, brillo, firmeza y sólidos solubles. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial, los factores fueron: tratamiento (testigo, Biofruit, Agrofilm Ap al 15%, 30% y 45%); almacén (7, 13, 20 días a 8° C con HR 90%) y anaquel (0, 4 y 8 días a temperatura ambiente). Los análisis de varianza mostraron diferencias altamente significativas al 0.05% para las variables y fuentes de variación estudiados. El porcentaje de pérdida de peso se calculó por la diferencia entre el peso inicial y final. La respiración se midió con un analizador de gases en  $\mu\text{mol/mol}$  para convertirlo en  $\text{ml CO}_2 / \text{kg.hr}$ . Según la prueba de comparación por el método Duncan al 0.05% la aplicación del polímero Agrofilm AP a una concentración de 15% presentó mejor comportamiento para retardar la maduración, mantener la firmeza, brillo del fruto y reducir la invasión de patógenos, en las dos condiciones de almacenamiento, a pesar de que a temperatura ambiente no hubo diferencias significativas con respecto al testigo en cuanto a la pérdida de peso.

**Palabras clave:** *Lycopersicon esculentum* M., concentración Agrofilm AP, almacén, anaquel, calidad.

## V CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados para esta investigación, se llegó a las siguientes conclusiones.

- La aplicación del polímero Agrofilm AP a una concentración de 15% fue más efectiva para retardar la maduración y mantener la firmeza así como el brillo del fruto en las dos condiciones de almacenamiento, a pesar de que a temperatura ambiente no hubo diferencias significativas con respecto al testigo en cuanto a la pérdida de peso.
- El producto comercial Biofruit se mantuvo estable, sin presentar efectos negativos ni positivos con respecto al testigo, en las dos condiciones de almacenamiento.
- El polímero Agrofilm AP a una concentración de 45%, evitó la invasión de patógenos, sin embargo, no presentó resultados favorables en la disminución de pérdida de peso, ni para retardar la maduración.

## VI RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer experimentos a concentraciones menores del 15% del polímero Agrofilm AP, debido a que los tratamientos a una concentración mayor presentaron efectos negativos.
- Para la aplicación del polímero se recomienda el método de aspersión, esto es con la finalidad de obtener una película uniforme en la superficie del fruto.
- Hacer evaluaciones diarias de la tasa de respiración de los frutos de tomate con la finalidad de obtener datos más representativos para poder llegar a conclusiones confiables.
- Los resultados de pérdida de peso que se muestra en la figura 1, son de los frutos que fueron expuestos a temperatura ambiente. Se recomienda hacer esta evaluación para frutos expuestos en refrigeración.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, A. V. 1995. Efecto del Encerado en Manzanas (*Malus spp*) cv. Golden Delicious, sobre parámetros de calidad. Tesis. UAAAN.
- ASERCA 2002."Jitomate y soya". Claridades Agropecuarias No. 62 México, Octubre 1998.
- Ben-Yehoshua, et al. 1983. Mode of Action of Plastic Film in Extending Life of Lemon and Bell Pepper Fruit by Allevation of Water Stress. *Plant Phisiol.* 73: 87- 93
- Ben-Yehoshua, et al. 1985. Resistance of Fruit to Mass Transport of Water Vapor and other Gases. *Plant physiol. Soc. Hort. Sci* 7: 1048-1053.
- Cáceres, I; Mulkay, T; Rodríguez, J; Paumier, A; Sisino, A; Alonso, O; Castro-López, T & Bango, G. 2002. Manejo de la maduración en frutos de papaya CV. Maradol.
- Catalá, R.; Gavara, R. (2001). Nuevos envases. De la protección pasiva a la defensa activa de los alimentos envasados. *Arbor CLXVIII*, 661: 109-127.
- Cuq, B.; Gontard, N.; Guilbert, S. (1995). Edible films and coatings as active layers. En Rooney, M.L. (Ed.): *Active Food Packaging*. London: Blackie Academic & Professional, 111-135.
- Elhadi M. Yachia. Higuera, I. 1992. Fisiología y Tecnología Poscosecha de Productos Hortícolas. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Noriega Editores. Editorial LIMUSA. México – España.

Encina Rodríguez, L. I. 2002. Efectos de Temperatura sobre Procesos Fisiológicos en Postcosecha de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis Maestría en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.

FAO. 1993. Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos. Capacitación, N° 17/2). Manual de la ONU para la Agricultura y Alimentación. Roma. ISBN 92-5 302766-5

FAO. 1987. Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas PARTE I y II (Cosecha y Empaque) Oficina regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Tecnología Postcosecha 6.

FAO, 1994. Consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y el Caribe. Memoria, Santiago, Chile. Dirección (En línea) <http://www.fao.org/docrep/t2354s/t2354s0y.htm> (Revisión: 10 enero de 2004).

González G., R. et al. 2001 “Conservación de una Variedad de Tuna (Burrona) bajo diferente manejo poscosecha”. CIENCIA UANL, VOL, IV. No. 3.

Hardenburg, R.E., A. Watada y C.Y. Wang. 1988. Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerías y viveros. 150p. IICA, San José, Costa Rica.

- Izquierdo, J., et al. 1992. Producción, poscosecha procesamiento y comercialización de ajo, cebolla y tomate. Publicación de la ONU para la Agricultura y Alimentación. Primera Edición. Santiago, Chile. 413 p.
- Kehr M., Elizabeth. 2002, Susceptibilidad a daño por enfriamiento en poscosecha de pimiento y tratamientos para disminuir su efecto. *Agric. Téc.*, Vol.62, no.4, p.509-518. ISSN 0365-2807.
- Mellething, W. P; Chen,. Borgi. 1982. In line application of porous wax coating materials to reduce friction discoloration of Bartlett and Anjou Pears. *Hortsci.*17:215-216.
- Meier, S., I. Rosenberg, Z. Aharoni, S. Grinberg, and E. Fallik. 1995. Improvement of the postharvest keeping quality and colour development of bell pepper (cv. 'Maor') by packaging with polyethylene bags at a reduced temperature. *Postharvest Biology and Technology* 5:303-309.
- Muy- Rancel, D. 2003. Efecto de las Condiciones de Almacenamiento y el Encerado en el Estatus Hídrico y la Calidad Poscosecha en Frutos de Pepino de Mesa y Mango. Tesis Doctorado. University of Georgia, Tifton GA. USA.
- Muñoz Delgado, J.A. (1985) Refrigeración y congelación de alimentos vegetales. Fundación Española de la Nutrición. Madrid.
- Pérez de C., M y col. 1997, Comportamiento poscosecha de frutos de piña (*Ananas comosus*) tratados con retardantes de la maduración almacenados a diferentes temperaturas. *Rev. Fac. Agron.* 14: 393-398



Pantástico, ER. B., Ed. (1984). Fisiología de la post-recolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. CECSA. México. 1a. Ed. Pp. 663.

Ragoné I., M. 1999. “Conservación frigorífica de mandarina. *Científica Agropecuaria* Resumen - No. 3 ISSN 0329-3602. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina.

Rodríguez-Félix A.,; M. A. Villegas-Ochoa; G. A. Camarena-Gómez; B. R. Martínez-2001. Calidad de Naranja Valencia Durante el Almacenamiento a baja Temperatura. *Revista Chapingo*. Vol. VII No. 2 p. 257.

SICA/MAG, 2004 .Tecnología Poscosecha del cultivo de Tomate de Arbol. (Servicio de Información Agropecuaria del Ministerios de Agricultura y Ganadería del Ecuador).

[http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/tomate%20arbol/tecnologia\\_poscosecha.htm](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/tomate%20arbol/tecnologia_poscosecha.htm) (Consulta: 22 de enero 2004).

Zagory D., y Kader A., A 1989. “Quality maintenance in fresh fruits and vegetables by controlled atmospheres. *Chemistry and Technology American Chemical Society*.

SAGARPA. 2000. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Fernández, M. (2000). Revisión: Envasado activo de los alimentos. *Food Science and Technology International*, 6 (2): 97-108

## **APÉNDICE**

## ANÁLISIS DE VARIANZA

### Variable 9: BRI BRILLO

Grand Mean = 58.256    Grand Sum = 13107.695    Total Count = 225

T A B L E    O F    M E A N S

5	1	2	3	9	Total
<hr/>					
*	1	*	*	58.650	2639.235
*	2	*	*	56.951	2562.785
*	3	*	*	59.870	2694.150
*	4	*	*	56.681	2550.665
*	5	*	*	59.130	2660.860
<hr/>					
*	*	1	*	66.505	4987.875
*	*	2	*	51.974	3898.015
*	*	3	*	56.291	4221.805
<hr/>					
*	1	1	*	64.914	973.705
*	1	2	*	54.107	811.600
*	1	3	*	56.929	853.930
*	2	1	*	64.307	964.610
*	2	2	*	49.893	748.390
*	2	3	*	56.652	849.785
*	3	1	*	68.361	1025.420
*	3	2	*	53.726	805.890
*	3	3	*	57.523	862.840
*	4	1	*	64.911	973.670
*	4	2	*	49.178	737.675
*	4	3	*	55.955	839.320
*	5	1	*	70.031	1050.470
*	5	2	*	52.964	794.460
*	5	3	*	54.395	815.930
<hr/>					
*	*	*	1	55.115	4133.595
*	*	*	2	69.135	5185.110
*	*	*	3	50.520	3788.990
<hr/>					
*	1	*	1	55.628	834.415
*	1	*	2	70.297	1054.460
*	1	*	3	50.024	750.360
*	2	*	1	55.253	828.790
*	2	*	2	67.159	1007.390
*	2	*	3	48.440	726.605
*	3	*	1	54.219	813.290
*	3	*	2	71.108	1066.620
*	3	*	3	54.283	814.240
*	4	*	1	55.091	826.370
*	4	*	2	66.427	996.400
*	4	*	3	48.526	727.895
*	5	*	1	55.382	830.730
*	5	*	2	70.683	1060.240

	*	5	*	3	51.326	769.890
	*	*	1	1	53.461	1336.535
	*	*	1	2	98.618	2465.460
	*	*	1	3	47.435	1185.880
	*	*	2	1	53.968	1349.200
	*	*	2	2	51.683	1292.075
	*	*	2	3	50.270	1256.740
	*	*	3	1	57.914	1447.860
	*	*	3	2	57.103	1427.575
	*	*	3	3	53.855	1346.370
1	*	1	1	1	53.265	266.325
2	*	1	1	2	96.164	480.820
3	*	1	1	3	45.312	226.560
4	*	1	2	1	54.352	271.760
5	*	1	2	2	55.885	279.425
6	*	1	2	3	52.083	260.415
7	*	1	3	1	59.266	296.330
8	*	1	3	2	58.843	294.215
9	*	1	3	3	52.677	263.385
10	*	2	1	1	53.452	267.260
11	*	2	1	2	95.710	478.550
12	*	2	1	3	43.760	218.800
13	*	2	2	1	50.882	254.410
14	*	2	2	2	49.790	248.950
15	*	2	2	3	49.006	245.030
16	*	2	3	1	61.424	307.120
17	*	2	3	2	55.978	279.890
18	*	2	3	3	52.555	262.775
19	*	3	1	1	54.116	270.580
20	*	3	1	2	99.244	496.220
21	*	3	1	3	51.724	258.620
22	*	3	2	1	54.000	270.000
23	*	3	2	2	53.725	268.625
24	*	3	2	3	53.453	267.265
25	*	3	3	1	54.542	272.710
26	*	3	3	2	60.355	301.775
27	*	3	3	3	57.671	288.355
28	*	4	1	1	53.340	266.700
29	*	4	1	2	96.380	481.900
30	*	4	1	3	45.014	225.070
31	*	4	2	1	53.616	268.080
32	*	4	2	2	47.853	239.265
33	*	4	2	3	46.066	230.330
34	*	4	3	1	58.318	291.590
35	*	4	3	2	55.047	275.235
36	*	4	3	3	54.499	272.495
37	*	5	1	1	53.134	265.670
38	*	5	1	2	105.594	527.970
39	*	5	1	3	51.366	256.830
40	*	5	2	1	56.990	284.950
41	*	5	2	2	51.162	255.810
42	*	5	2	3	50.740	253.700
43	*	5	3	1	56.022	280.110
44	*	5	3	2	55.292	276.460
45	*	5	3	3	51.872	259.360

-----  
 A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E  
 -----

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
-						
2	Factor A	4	346.818	86.704	8.0116	0.0000
4	Factor B	2	8353.324	4176.662	385.9291	0.0000
6	AB	8	437.521	54.690	5.0534	0.0000
8	Factor C	2	14104.833	7052.416	651.6525	0.0000
10	AC	8	303.976	37.997	3.5110	0.0009
12	BC	4	25426.636	6356.659	587.3636	0.0000
14	ABC	16	375.024	23.439	2.1658	0.0076
-15	Error	180	1948.024	10.822		
	Total	224	51296.156			

-----

Coefficient of Variation: 5.65%

$s_{\bar{y}}$  for means group 2:      0.4904      Number of Observations: 45  
 $s_{\bar{y}}$  for means group 4:      0.3799      Number of Observations: 75  
 $s_{\bar{y}}$  for means group 6:      0.8494      Number of Observations: 15  
 $s_{\bar{y}}$  for means group 8:      0.3799      Number of Observations: 75  
 $s_{\bar{y}}$  for means group 10:      0.8494      Number of Observations: 15  
 $s_{\bar{y}}$  for means group 12:      0.6579      Number of Observations: 25  
 $s_{\bar{y}}$  for means group 14:      1.4712      Number of Observations: 5

**Variable 10: COA      COLOR-A**

Grand Mean = 5.443    Grand Sum = 1224.766    Total Count = 225

T A B L E   O F   M E A N S

5	1	2	3	10	Total
<hr/>					
*	1	*	*	5.654	254.440
*	2	*	*	10.788	485.441
*	3	*	*	-0.990	-44.550
*	4	*	*	6.383	287.250
*	5	*	*	5.382	242.185
<hr/>					
*	*	1	*	7.523	564.235
*	*	2	*	10.805	810.356
*	*	3	*	-1.998	-149.825
<hr/>					
*	1	1	*	12.791	191.860
*	1	2	*	6.238	93.565
*	1	3	*	-2.066	-30.985
*	2	1	*	14.395	215.930
*	2	2	*	17.123	256.841
*	2	3	*	0.845	12.670
*	3	1	*	0.957	14.360
*	3	2	*	3.324	49.860
*	3	3	*	-7.251	-108.770
*	4	1	*	9.040	135.605
*	4	2	*	16.560	248.400
*	4	3	*	-6.450	-96.755
*	5	1	*	0.432	6.480
*	5	2	*	10.779	161.690
*	5	3	*	4.934	74.015
<hr/>					
*	*	*	1	-1.640	-122.985
*	*	*	2	2.858	214.356
*	*	*	3	15.112	1133.395
<hr/>					
*	1	*	1	0.168	2.525
*	1	*	2	0.463	6.945
*	1	*	3	16.331	244.970
*	2	*	1	3.395	50.930
*	2	*	2	9.395	140.931
*	2	*	3	19.572	293.580
*	3	*	1	-5.449	-81.730
*	3	*	2	-2.386	-35.785
*	3	*	3	4.864	72.965
*	4	*	1	-3.385	-50.770
*	4	*	2	6.797	101.955
*	4	*	3	15.738	236.065
*	5	*	1	-2.929	-43.940
*	5	*	2	0.021	0.310
*	5	*	3	19.054	285.815

---

*	*	1	1	1.195	29.875
*	*	1	2	1.002	25.060
*	*	1	3	20.372	509.300
*	*	2	1	0.977	24.420
*	*	2	2	12.660	316.491
*	*	2	3	18.778	469.445
*	*	3	1	-7.091	-177.280
*	*	3	2	-5.088	-127.195
*	*	3	3	6.186	154.650

---

A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	4	3189.626	797.406	11.2500	0.0000
4	Factor B	2	6632.910	3316.455	46.7895	0.0000
6	AB	8	3171.777	396.472	5.5935	0.0000
8	Factor C	2	11275.210	5637.605	79.5369	0.0000
10	AC	8	1155.862	144.483	2.0384	0.0443
12	BC	4	1567.859	391.965	5.5299	0.0003
14	ABC	16	1526.024	95.376	1.3456	0.1742
-15	Error	180	12758.471	70.880		
Total		224	41277.739			

---

Coefficient of Variation: 154.67%

s <sub>y</sub> for means group 2:	1.2550	Number of Observations: 45
s <sub>y</sub> for means group 4:	0.9721	Number of Observations: 75
s <sub>y</sub> for means group 6:	2.1738	Number of Observations: 15
s <sub>y</sub> for means group 8:	0.9721	Number of Observations: 75
s <sub>y</sub> for means group 10:	2.1738	Number of Observations: 15
s <sub>y</sub> for means group 12:	1.6838	Number of Observations: 25
s <sub>y</sub> for means group 14:	3.7651	Number of Observations: 5

**Variable 11: COB**

**COLOR-B**

Grand Mean = 28.811    Grand Sum = 6482.425    Total Count = 225

T A B L E   O F   M E A N S

5	1	2	3	11	Total
*	1	*	*	27.979	1259.060
*	2	*	*	27.671	1245.180
*	3	*	*	29.623	1333.015
*	4	*	*	27.562	1240.305
*	5	*	*	31.219	1404.865
-----					
*	*	1	*	19.749	1481.165
*	*	2	*	31.891	2391.830
*	*	3	*	34.792	2609.430
-----					
*	1	1	*	18.223	273.340
*	1	2	*	31.628	474.415
*	1	3	*	34.087	511.305
*	2	1	*	16.584	248.760
*	2	2	*	31.067	466.010
*	2	3	*	35.361	530.410
*	3	1	*	20.397	305.955
*	3	2	*	33.611	504.170
*	3	3	*	34.859	522.890
*	4	1	*	18.794	281.910
*	4	2	*	29.748	446.225
*	4	3	*	34.145	512.170
*	5	1	*	24.747	371.200
*	5	2	*	33.401	501.010
*	5	3	*	35.510	532.655
-----					
*	*	*	1	34.276	2570.665
*	*	*	2	20.871	1565.355
*	*	*	3	31.285	2346.405
-----					
*	1	*	1	33.013	495.195
*	1	*	2	21.477	322.150
*	1	*	3	29.448	441.715
*	2	*	1	34.599	518.990
*	2	*	2	20.064	300.960
*	2	*	3	28.349	425.230
*	3	*	1	34.748	521.220
*	3	*	2	20.889	313.330
*	3	*	3	33.231	498.465
*	4	*	1	34.498	517.475
*	4	*	2	18.810	282.150
*	4	*	3	29.379	440.680
*	5	*	1	34.519	517.785
*	5	*	2	23.118	346.765
*	5	*	3	36.021	540.315



---

*	*	1	1	32.894	822.345
*	*	1	2	-3.507	-87.680
*	*	1	3	29.860	746.500
*	*	2	1	33.300	832.500
*	*	2	2	31.762	794.040
*	*	2	3	30.612	765.290
*	*	3	1	36.633	915.820
*	*	3	2	34.360	858.995
*	*	3	3	33.385	834.615

---

A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
2	Factor A	4	450.438	112.609	4.2967	0.0024
4	Factor B	2	9553.966	4776.983	182.2687	0.0000
6	AB	8	314.456	39.307	1.4998	0.1600
8	Factor C	2	7426.577	3713.289	141.6828	0.0000
10	AC	8	362.460	45.307	1.7287	0.0945
12	BC	4	13200.021	3300.005	125.9137	0.0000
14	ABC	16	520.611	32.538	1.2415	0.2405
-15	Error	180	4717.523	26.208		
Total		224	36546.053			

---

Coefficient of Variation: 17.77%

$s_{\bar{y}}$ for means group 2:	0.7632	Number of Observations: 45
$s_{\bar{y}}$ for means group 4:	0.5911	Number of Observations: 75
$s_{\bar{y}}$ for means group 6:	1.3218	Number of Observations: 15
$s_{\bar{y}}$ for means group 8:	0.5911	Number of Observations: 75
$s_{\bar{y}}$ for means group 10:	1.3218	Number of Observations: 15
$s_{\bar{y}}$ for means group 12:	1.0239	Number of Observations: 25
$s_{\bar{y}}$ for means group 14:	2.2895	Number of Observations: 5

**Variable 8: FIR**

**FIRMEZA**

Grand Mean = 3.196    Grand Sum = 719.174    Total Count = 225

T A B L E    O F    M E A N S

5	1	2	3	8	Total
*	1	*	*	3.168	142.565
*	2	*	*	3.003	135.130
*	3	*	*	3.587	161.435
*	4	*	*	3.063	137.815
*	5	*	*	3.161	142.229
-----					
*	*	1	*	2.623	196.740
*	*	2	*	3.167	237.490
*	*	3	*	3.799	284.944
-----					
*	1	1	*	2.433	36.495
*	1	2	*	3.401	51.020
*	1	3	*	3.670	55.050
*	2	1	*	2.333	34.990
*	2	2	*	3.110	46.645
*	2	3	*	3.566	53.495
*	3	1	*	3.172	47.580
*	3	2	*	3.150	47.255
*	3	3	*	4.440	66.600
*	4	1	*	2.133	32.000
*	4	2	*	2.963	44.440
*	4	3	*	4.092	61.375
*	5	1	*	3.045	45.675
*	5	2	*	3.209	48.130
*	5	3	*	3.228	48.424
-----					
*	*	*	1	3.825	286.840
*	*	*	2	3.183	238.754
*	*	*	3	2.581	193.580
-----					
*	1	*	1	3.848	57.720
*	1	*	2	3.067	46.005
*	1	*	3	2.589	38.840
*	2	*	1	3.825	57.370
*	2	*	2	2.965	44.480
*	2	*	3	2.219	33.280
*	3	*	1	4.279	64.185
*	3	*	2	3.343	50.140
*	3	*	3	3.141	47.110
*	4	*	1	3.416	51.240
*	4	*	2	3.281	49.220
*	4	*	3	2.490	37.355
*	5	*	1	3.755	56.325
*	5	*	2	3.261	48.909

\* 5 \* 3 2.466 36.995

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value Prob	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	
2	Factor A	4	9.466	2.366	4.8029	0.0011
4	Factor B	2	51.966	25.983	52.7338	0.0000
6	AB	8	18.054	2.257	4.5802	0.0000
8	Factor C	2	58.002	29.001	58.8584	0.0000
10	AC	8	4.736	0.592	1.2015	0.3005
12	BC	4	1.966	0.492	0.9977	
14	ABC	16	9.460	0.591	1.2000	0.2718
-15	Error	180	88.690	0.493		
Total		224	242.340			

Coefficient of Variation: 21.96%

$s_{\bar{y}}$ for means group 2:	0.1046	Number of Observations: 45
$s_{\bar{y}}$ for means group 4:	0.0811	Number of Observations: 75
$s_{\bar{y}}$ for means group 6:	0.1812	Number of Observations: 15
$s_{\bar{y}}$ for means group 8:	0.0811	Number of Observations: 75
$s_{\bar{y}}$ for means group 10:	0.1812	Number of Observations: 15
$s_{\bar{y}}$ for means group 12:	0.1404	Number of Observations: 25
$s_{\bar{y}}$ for means group 14:	0.3139	Number of Observations: 5

Variable 7: GRA ° BRIX

Grand Mean = 4.867    Grand Sum = 1095.000    Total Count = 225

T A B L E   O F   M E A N S

	5	1	2	3	7	Total
* 1 *					4.864	218.900
* 2 *					4.891	220.100
* 3 *					4.798	215.900
* 4 *					4.909	220.900
* 5 *					4.871	219.200
-----						
* * 1 *					4.856	364.200
* * 2 *					4.732	354.900
* * 3 *					5.012	375.900
-----						
* 1 1 *					5.013	75.200
* 1 2 *					4.607	69.100
* 1 3 *					4.973	74.600
* 2 1 *					4.973	74.600
* 2 2 *					4.773	71.600
* 2 3 *					4.927	73.900
* 3 1 *					4.700	70.500
* 3 2 *					4.707	70.600
* 3 3 *					4.987	74.800
* 4 1 *					4.893	73.400
* 4 2 *					4.760	71.400
* 4 3 *					5.073	76.100
* 5 1 *					4.700	70.500
* 5 2 *					4.813	72.200
* 5 3 *					5.100	76.500
-----						
* * * 1					4.784	358.800
* * * 2					5.021	376.600
* * * 3					4.795	359.600
-----						
* 1 * 1					4.707	70.600
* 1 * 2					5.027	75.400
* 1 * 3					4.860	72.900
* 2 * 1					4.693	70.400
* 2 * 2					5.000	75.000
* 2 * 3					4.980	74.700
* 3 * 1					4.880	73.200
* 3 * 2					4.780	71.700
* 3 * 3					4.733	71.000
* 4 * 1					4.973	74.600
* 4 * 2					5.133	77.000
* 4 * 3					4.620	69.300
* 5 * 1					4.667	70.000
* 5 * 2					5.167	77.500

\* 5 \* 3

4.780

71.700

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

K Value Prob	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	
2	Factor A	4	0.322	0.080	0.3683	
4	Factor B	2	2.953	1.476	6.7587	0.0015
6	AB	8	1.703	0.213	0.9744	
8	Factor C	2	2.695	1.348	6.1697	0.0026
10	AC	8	3.256	0.407	1.8632	0.0684
12	BC	4	0.184	0.046	0.2103	
14	ABC	16	3.647	0.228	1.0436	0.4133
-15	Error	180	39.320	0.218		
	Total	224	54.080			

Coefficient of Variation: 9.60%

$s_{\bar{y}}$  for means group 2: 0.0697      Number of Observations: 45

$s_{\bar{y}}$  for means group 4: 0.0540      Number of Observations: 75

$s_{\bar{y}}$  for means group 6: 0.1207      Number of Observations: 15

$s_{\bar{y}}$  for means group 8: 0.0540      Number of Observations: 75

$s_{\bar{y}}$  for means group 10: 0.1207      Number of Observations: 15

$s_{\bar{y}}$  for means group 12: 0.0935      Number of Observations: 25

$s_{\bar{y}}$  for means group 14: 0.2090      Number of Observations: 5